

**SISTEM PENENTU SUHU DAN KELEMBABAN *INCUBATOR*
TELUR UNGGAS BERDASARKAN BERAT DAN WARNA TELUR
MENGUNAKAN METODE *FUZZY***

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Moh. Zainur Rodhi
NIM: 135150301111004



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

PENGESAHAN

SISTEM PENENTU SUHU DAN KELEMBABAN *INCUBATOR* TELUR UNGGAS
BERDASARKAN BERAT DAN WARNA TELUR MENGGUNAKAN METODE *FUZZY*

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Moh. Zainur Rodhi

NIM: 135150301111004

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
30 Juli 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dahnial Syauqy, S.T., M.T., M.Sc

NIK: 2016078704231002

Gembong Edhi Setyawan, S.T., M.T

NIK: 2012087612011001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T,M.T,Ph.D

NIP: 197105182003121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 30 Juli 2018

Moh. Zainur Rodhi

NIM: 135150301111004



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan Rahmat, dan Berkatnya-Nya sehingga laporan skripsi yang berjudul “Sistem Penentu Suhu dan Kelembaban *Incubator* Telur Unggas Berdasarkan Berat dan Warna Telur Menggunakan Metode *Fuzzy*” ini dapat terselesaikan.

Banyak kesulitan dan hambatan yang dialami oleh penulis dalam pembuatan skripsi ini, tetapi semua itu dapat diatasi dengan baik berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua dan seluruh keluarga besar atas segala nasehat, kasih sayang dan kesabaran dalam membesarkan dan mendidik penulis, serta senantiasa tiada hentinya memberikan doa dan semangat demi terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si, M.T, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Heru Nurwarsito, Ir., M. Kom. selaku Wakil Ketua I Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
5. Bapak Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer Universitas Brawijaya Malang.
6. Bapak Dahnial Syauqy, S.T., M.T., M.Sc. dan bapak Gembong Edhi Setyawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh civitas akademika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya yang telah banyak memberi bantuan dan dukungan selama penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman Teknik Komputer angkatan 2013 yang selalu mendukung dan berbagi ilmu dari awal perkuliahan sampai tahap akhir penyelesaian skripsi dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya segala saran dan kritik yang membangun. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat membawa manfaat bagi semua pihak yang menggunakannya.

Malang, 30 Juli 2018

Penulis

zainurrodhi@gmail.com

ABSTRAK

Mesin penetas telur merupakan salah satu inovasi dibidang teknologi yang terbukti mampu meningkatkan hasil produksi dalam usaha budidaya unggas. Tetapi mesin penetas telur yang ada saat ini dinilai masih kurang efisien, karena jika dilihat dari segi fungsionalitas, satu unit mesin penetas telur hanya berfungsi untuk menetasakan satu jenis telur tertentu saja dan tidak bisa difungsikan untuk menetasakan jenis telur yang berbeda. Dari permasalahan itulah muncul sebuah ide untuk melakukan perancangan sistem penentu suhu dan kelembaban berdasarkan berat dan warna telur pada *Incubator* telur unggas ayam, bebek dan puyuh. Sistem ini dibuat menggunakan sensor berat *Load Cell* untuk mendeteksi berat telur, sensor warna *TCS3200* untuk mendeteksi warna telur, sensor *DHT11* untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara dan juga *arduino uno* sebagai pemroses data dari sensor. Proses pendeteksian jenis telur dilakukan dengan menggunakan logika *fuzzy*. Sistem ini mampu menyesuaikan nilai suhu serta kelembaban pada *Incubator* secara otomatis berdasarkan jenis telur yang terdeteksi. Penyesuaian nilai suhu dilakukan dengan menggunakan lampu pijar yang berfungsi sebagai sumber panas, sedangkan untuk kelembaban digunakan *humidifier* yang berfungsi untuk menambah nilai kelembaban udara. Dari hasil pengujian logika *fuzzy* diperoleh persentase eror sebesar 0,001%, dan aktuator untuk menyesuaikan nilai suhu serta kelembaban sudah sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan.

Kata kunci: Sensor *Load Cell*, Sensor warna *TCS3200*, *DHT11*, *Arduino Uno*, Sistem penetas telur, Logika *fuzzy*.

ABSTRACT

Egg hatching machine is one innovation in technology that is proven to increase production results in poultry farming. But the existing egg hatchery machine is considered still less efficient, because in terms of functionality, one unit of egg hatchery machine only serves to incubate just one particular egg species and can't be used to incubate different egg species. As the result based on this problem, come an idea for designing temperature and humidity control sistem using the weight and color of poultry eggs on poultry egg Incubator for chicken egg, duck egg and quail egg. This sistem is created using a Load Cell sensor to detect the egg weight, color sensor TCS3200 to detect egg color, DHT11 sensor to detect air temperature and humidity and arduino uno as the data processor of the sensor. The process of detecting eggs done by using fuzzy logic. This sistem is able to adjust the temperature and humidity values in the Incubator automatically according to the egg species detected. Adjust the temperature value using a bulb lamp which functions as a heating, while for humidity use humidifier which functions to increase the value of air humidity. From the results of fuzzy logic testing obtained error percentage of 0.001%, and aktuator conditions to adjust the temperature and humidity values is in compliance with the required conditions.

Keywords: Load Cell sensor, TCS3200 color sensor, DHT11, Arduino Uno, egg hatching system, fuzzy logic.

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan masalah	2
1.6 Sistematika pembahasan	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Karakteristik Telur	5
2.2.2 Penetasan Telur Unggas.....	6
2.2.3 Logika <i>Fuzzy</i>	7
2.2.4 Sensor <i>Load Cell</i>	9
2.2.5 Sensor Warna	10
2.2.6 Sensor <i>DHT</i>	10
2.2.7 Motor <i>Servo</i>	10
2.2.8 <i>Relay</i>	11
2.2.9 Modul <i>RTC (Real Time Clock)</i>	12
2.2.10 Lampu Pijar.....	12
2.2.11 <i>Ultrasonic Humidifier</i>	12

2.2.12 Dot matrix LCD.....	12
BAB 3 METODOLOGI.....	14
3.1 Metodologi Penelitian.....	14
3.1.1 Studi Literatur.....	15
3.1.2 Rekayasa Kebutuhan	15
3.1.3 Perancangan.....	15
3.1.4 Implementasi.....	15
3.1.5 Pengujian dan Analisis.....	16
3.1.6 Kesimpulan	16
BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN	17
4.1 Deskripsi Umum	17
4.1.1 Perpektif Sistem	17
4.1.2 Karakteristik Pengguna.....	17
4.1.3 Lingkungan Operasi Sistem	17
4.1.4 Asumsi dan Ketergantungan	17
4.2 Kebutuhan Sistem	18
4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras	18
4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	22
4.2.3 Kebutuhan Fungsional Sistem	24
4.2.4 Kebutuhan Non Fungsional Sistem	25
BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI.....	26
5.1 Perancangan Sistem	26
5.1.1 Perancangan Perangkat Keras.....	26
5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak	38
5.2 Implementasi Sitem	49
5.2.1 Implementasi Perangkat Keras.....	49
5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak	52
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	58
6.1 Pengujian Sensor <i>Load Cell</i>	58
6.1.1 Tujuan Pengujian	58
6.1.2 Prosedur Pengujian	58
6.1.3 Hasil Pengujian	59

6.1.4 Analisis Hasil Pengujian	60
6.2 Pengujian Sensor Warna	60
6.2.1 Tujuan Pengujian	60
6.2.2 Prosedur Pengujian	60
6.2.3 Hasil Pengujian	61
6.2.4 Analisis Hasil Pengujian	62
6.3 Pengujian Sensor <i>DHT</i>	63
6.3.1 Tujuan Pengujian	63
6.3.2 Prosedur Pengujian	63
6.3.3 Hasil Pengujian	64
6.3.4 Analisis Hasil Pengujian	65
6.4 Pengujian Logika <i>Fuzzy</i>	65
6.4.1 Tujuan Pengujian	65
6.4.2 Prosedur Pengujian	65
6.4.3 Hasil Pengujian	66
6.4.4 Analisis Hasil Pengujian	74
6.5 Pengujian Keseluruhan Sistem	74
6.5.1 Tujuan Pengujian	74
6.5.2 Prosedur Pengujian	75
6.5.3 Hasil Pengujian	78
6.5.4 Analisis Hasil Pengujian	87
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	90
7.1 Kesimpulan	90
7.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	93

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kebutuhan Perangkat Keras.....	18
Tabel 4.2	Kebutuhan perangkat lunak.....	23
Tabel 5.1	Penjelasan bagian <i>box</i> sistem penetas telur.....	27
Tabel 5.2	Penjelasan bagian belakang <i>box</i> sistem penetas telur	28
Tabel 5.3	Keterangan pin sensor <i>load cell</i> dan <i>arduino uno</i>	31
Tabel 5.4	Keterangan pin sensor warna <i>TCS 3200</i> dan <i>arduino uno</i>	32
Tabel 5.5	Keterangan pin sensor <i>DHT11</i> dan <i>arduino uno</i>	33
Tabel 5.6	Keterangan pin modul <i>RTC</i> dan <i>arduino uno</i>	34
Tabel 5.7	Keterangan pin motor <i>servo</i> dan <i>arduino uno</i>	34
Tabel 5.8	Keterangan pin <i>relay</i> lampu pijar dan <i>arduino uno</i>	35
Tabel 5.9	Keterangan pin <i>relay humidifier</i> dan <i>arduino uno</i>	36
Tabel 5.10	Keterangan pin <i>I2C LCD</i> dan <i>arduino uno</i>	37
Tabel 5.11	Data nilai berat telur hasil pengukuran sensor.....	43
Tabel 5.12	Variabel berat telur.....	43
Tabel 5.13	Data nilai warna telur hasil pengukuran sensor	45
Tabel 5.14	Variabel warna telur.....	45
Tabel 5.15	Variabel jenis telur	47
Tabel 5.16	Aturan <i>fuzzy</i>	48
Tabel 5.17	Kode program derajat keanggotaan berat telur.....	53
Tabel 5.18	Kode program derajat keanggotaan warna telur	54
Tabel 5.19	Potongan kode program aturan <i>fuzzy</i>	55
Tabel 5.20	Kode program <i>defuzzyfikasi</i>	56
Tabel 5.21	Kode program derajat keanggotaan jenis telur	57
Tabel 6.1	Pembagian nilai <i>load cell</i> kedalam kategori berat telur	59
Tabel 6.2	Hasil pengujian sensor <i>load cell</i>	59
Tabel 6.3	Pembagian nilai sensor warna kedalam kategori warna telur	61
Tabel 6.4	Hasil pengujian warna telur	61
Tabel 6.5	Hasil pengujian sensor <i>DHT11</i>	64
Tabel 6.6	Hasil pengujian logika <i>fuzzy</i> menggunakan telur bebek.....	66

Tabel 6.7	Aturan <i>fuzzy</i> yang digunakan pada pengujian dengan telur bebek	68
Tabel 6.8	Hasil pengujian logika <i>fuzzy</i> menggunakan telur puyuh.....	69
Tabel 6.9	Aturan <i>fuzzy</i> yang digunakan pada pengujian dengan telur puyuh.....	70
Tabel 6.10	Hasil pengujian logika <i>fuzzy</i> menggunakan telur ayam ras	72
Tabel 6.11	Aturan <i>fuzzy</i> yang digunakan pada pengujian menggunakan telur ayam ras.....	73
Tabel 6.12	Hasil rata-rata selisih dan persentase error setelah dilakukan 3 kali pengujian logika <i>fuzzy</i>	74
Tabel 6.13	Skenario pertama pengujian keseluruhan sistem.....	75
Tabel 6.14	Skenario kedua pengujian keseluruhan sistem	75
Tabel 6.15	Skenario ketiga pengujian keseluruhan sistem.....	75
Tabel 6.16	Skenario keempat pengujian keseluruhan sistem	76
Tabel 6.17	Skenario kelima pengujian keseluruhan sistem.....	76
Tabel 6.18	Skenario keenam pengujian keseluruhan sistem	76
Tabel 6.19	Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 1	78
Tabel 6.20	Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 2	79
Tabel 6.21	Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 3	81
Tabel 6.22	Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 4	82
Tabel 6.23	Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 5	84
Tabel 6.24	Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 6	85
Tabel 6.25	Rata – rata selisih pengujian keseluruhan sistem.....	87
Tabel 6.26	Rata-rata persentase error pengujian keseluruhan sistem.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Telur ayam ras	5
Gambar 2.2	Telur bebek	6
Gambar 2.3	Telur puyuh	6
Gambar 2.4	Prinsip kerja sensor <i>load cell</i> berdasarkan rangkaian jembatan <i>wheatstone</i>	9
Gambar 2.5	Pulsa kendali motor <i>servo</i>	11
Gambar 2.6	Prinsip kerja <i>relay</i>	11
Gambar 2.7	Konfigurasi pin <i>LCD</i>	13
Gambar 3.1	Alur metodologi penelitian	14
Gambar 3.2	Diagram blok sistem	15
Gambar 4.1	<i>Arduino uno</i>	19
Gambar 4.2	Sensor <i>load cell</i>	19
Gambar 4.3	Modul <i>HX711</i>	20
Gambar 4.4	Sensor warna <i>TCS3200</i>	20
Gambar 4.5	Sensor <i>DHT11</i>	20
Gambar 4.6	<i>Ultrasonic humidifier</i>	21
Gambar 4.7	Lampu pijar	21
Gambar 4.8	<i>Motor servo</i>	21
Gambar 4.9	Modul <i>relay</i>	22
Gambar 4.10	Modul <i>RTC</i>	22
Gambar 4.11	<i>LCD dot matrix 20 × 4</i>	22
Gambar 5.1	Bagian pada <i>box</i> sistem penetas telur	26
Gambar 5.2	Bagian belakang <i>box</i> sistem penetas telur	28
Gambar 5.3	Bagian sensor rak sistem penetas telur	28
Gambar 5.4	Bagian mekanik rak sistem penetas telur	29
Gambar 5.5	Rangkaian sensor <i>load cell</i> dan <i>arduino uno</i>	31
Gambar 5.6	Rangkaian sensor warna <i>TCS3200</i> dan <i>arduino uno</i>	32
Gambar 5.7	Rangkaian sensor <i>DHT11</i> dan <i>arduino uno</i>	33
Gambar 5.8	Rangkaian modul <i>RTC</i> dan <i>arduino uno</i>	33
Gambar 5.9	Rangkaian motor <i>servo</i> dan <i>arduino uno</i>	34

Gambar 5.10 Rangkaian <i>relay</i> lampu pijar dan <i>arduino</i>	35
Gambar 5.11 Rangkaian <i>relay humidifier</i> dan <i>arduino uno</i>	36
Gambar 5.12 Rangkaian <i>LCD</i> dan <i>arduino uno</i>	37
Gambar 5.13 Diagram alir akuisisi data yang dilakukan oleh sensor	38
Gambar 5.14 Diagram alir pengendali pada mikrokontroler	39
Gambar 5.15 Diagram alir proses kerja aktuator	40
Gambar 5.16 Diagram alir proses logika <i>fuzzy</i>	41
Gambar 5.17 Tampilan <i>arduino IDE</i>	42
Gambar 5.18 Himpunan <i>fuzzy</i> dari variabel berat telur	44
Gambar 5.19 Himpunan <i>fuzzy</i> dari variabel warna telur	46
Gambar 5.20 Himpunan <i>fuzzy</i> dari variabel jenis telur	48
Gambar 5.21 Implementasi <i>box</i> sistem penetas telur	49
Gambar 5.22 Implementasi bagian dalam <i>box</i> sistem penetas telur	50
Gambar 5.23 Implementasi bagian rak telur	50
Gambar 5.24 Implementasi sensor <i>load cell</i> 5kg	51
Gambar 5.25 Implementasi sensor warna <i>TCS3200</i>	51
Gambar 5.26 Implementasi bagian panel mikrokontroler	52
Gambar 6.1 Alur pengujian	58

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Seiring berkembangnya laju pertumbuhan penduduk, maka tingkat konsumsi daging unggas diperkirakan juga akan terus meningkat. Pada tahun 2030, konsumsi daging unggas dunia diperkirakan akan meningkat menjadi 17,2 kg per kapita dari 13,8 kg pada tahun 2015. Dengan demikian, daging unggas diperkirakan meningkat dari 33% menjadi sekitar 38%. Di negara-negara sedang berkembang, konsumsi unggas diperkirakan akan meningkat hingga 33,3%, dari 10,5 kg menjadi 14 kg per kapita (Poultry, 2016).

Seiring dengan meningkatnya tingkat konsumsi daging unggas, maka inovasi-inovasi baru guna meningkatkan hasil produksi budidaya unggas-pun semakin banyak diciptakan. Salah satunya yaitu mesin penetas telur, dimana mesin tersebut sudah terbukti mampu mempercepat proses penetasan telur pada usaha budidaya unggas, hal itu dikarenakan proses penetasan telur menggunakan mesin bisa dilakukan dengan kapasitas besar secara bersamaan, sedangkan apabila melakukan proses penetasan secara alami hanya bisa dilakukan dalam kapasitas terbatas. Faktor utama yang perlu dikontrol dalam sebuah mesin penetas telur adalah suhu, karena suhu merupakan parameter yang menentukan berkembang atau tidak berkembangnya embrio pada telur. Kebutuhan suhu dalam incubator berbeda-beda untuk setiap telur dari berbagai jenis unggas. Prinsipnya semakin besar telur yang ditetaskan akan memerlukan suhu yang lebih tinggi, misal : telur puyuh, telur merpati, telur ayam, telur itik dan telur angsa akan berbeda (*disini besar telur dari yg terkecil mengarah ke telur yang lebih besar*). Jika suhu sesuai dengan kondisi ideal yang dibutuhkan selama proses penetasan telur, maka akan memberikan waktu tetas yang tepat (*sesuai masa inkubasi dari telur itu sendiri, misal : telur puyuh masa inkubasinya 17 hari, ayam 21 hari, itik 28 hari*) dan menghasilkan tingkat daya tetas yang tinggi (Sudjarwo, 2012).

Mesin penetas telur yang ada saat ini dinilai masih kurang efisien, karena jika dilihat dari segi fungsionalitas, satu unit mesin penetas telur hanya berfungsi untuk menetas satu jenis telur tertentu saja dan tidak bisa difungsikan untuk menetas jenis telur yang berbeda, hal itu disebabkan karena mesin penetas telur yang ada saat ini tidak memiliki kemampuan untuk membaca jenis telur yang akan ditetaskan dan menyesuaikan kondisi suhu serta kelembabannya sesuai dengan kebutuhan jenis telur tersebut.

Oleh karena permasalahan tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian guna merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem penetas telur yang mampu untuk menyesuaikan parameter suhu serta kelembaban yang dibutuhkan untuk beberapa jenis telur menggunakan metode fuzzy, penggunaan metode fuzzy dilakukan karena logika fuzzy dapat diterapkan pada permasalahan yang memiliki kemungkinan adanya ketidak pastian, sehingga bisa digunakan untuk melakukan klasifikasi jenis telur berdasarkan kemungkinan terdekat yang diperoleh dari hasil perhitungan logika fuzzy tersebut.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana menerapkan logika *fuzzy* untuk sistem pengendali suhu dan kelembaban berdasarkan berat dan warna telur pada sistem penetas telur unggas?
2. Bagaimana tingkat akurasi sensor, tingkat akurasi perhitungan logika *fuzzy*, dan tingkat akurasi kesesuaian *output* yang dihasilkan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka dapat diuraikan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menerapkan logika *fuzzy* untuk menentukan jenis telur kemudian menyesuaikan kondisi suhu dan kelembaban sistem penetas telur berdasarkan jenis telur yang terdeteksi.
2. Melakukan pengujian tingkat akurasi sensor, perhitungan metode dan *output* yang dihasilkan oleh sistem.

1.4 Manfaat

Manfaat dari pembuatan sistem ini antara lain:

- a. Bagi Penulis:
 1. Menerapkan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan di program studi Teknik Komputer Universitas Brawijaya.
 2. Menambah pengalaman, pemahaman serta wawasan terkait dengan pengambilan data sensor dan menampilkan data dari mikrokontroler ke *board LCD*.
- b. Bagi Masyarakat:
 1. Dengan adanya penelitian ini, masyarakat khususnya pelaku usaha budidaya unggas dapat melakukan aktifitas penetasan telur secara lebih efisien.
 2. Meningkatkan taraf kualitas kehidupan masyarakat dengan bantuan teknologi khususnya pada bidang *agriculture* di sektor budidaya unggas.

1.5 Batasan masalah

Untuk lebih memfokuskan pokok bahasan pada penelitian ini, maka ditarik batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan berdasarkan parameter berat serta warna untuk menentukan jenis telur.
2. Obejek penelitian yang digunakan adalah telur ayam ras, telur bebek dan telur puyuh.

3. Penggunaan modul dan sensor : Sensor *Load Cell* 5kg untuk mendeteksi berat telur, sensor Warna *TCS3200* untuk mendeteksi warna telur, *DHT11* untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, *Servo* untuk membolak-balikkan rak telur, lampu pijar sebagai sumber panas, *humidifier* sebagai penambah kelembaban udara dan *LCD* 20 x 4 untuk menampilkan informasi data yang dibutuhkan.

1.6 Sistematika pembahasan

Sistematika pembahasan ditujukan untuk memberikan gambaran dan uraian dari penyusunan tugas akhir secara garis besar yang meliputi beberapa bab sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diterangkan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini akan disajikan mengenai tinjauan pustaka dan dasar teori perancangan alat berupa berbagai aspek yang digunakan dalam penelitian.

BAB III : METODOLOGI

Bab ini akan berisi penjelasan mengenai metode dan langkah kerja yang terdiri dari studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi dan analisis serta pengambilan kesimpulan.

BAB IV : REKAYASA KEBUTUHAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang memiliki spesifikasi yang sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB V : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, kemudian dilakukan implementasi sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

BAB VI : PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan disajikan data hasil pengujian pada sistem yang telah dibuat, dan kemudian dilakukan analisis terhadap data hasil penelitian tersebut.

BAB VII : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk pengembangan sistem di masa depan.



BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Salah satu penelitian terdahulu yang dilakukan yaitu pembuatan purwarupa mesin penetas telur ayam menggunakan metode *fuzzy*. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengendalikan suhu dan kelembaban ideal pada mesin sistem penetas telur yang diperuntukkan untuk telur ayam ras atau ayam pedaging dengan menggunakan kontrol logika *fuzzy* untuk pengendaliannya. Pada penelitian tersebut digunakan mikrokontroler *arduino uno* dengan sensor yang digunakan yaitu *SHT11* yang berfungsi untuk melakukan pengambilan data suhu dan kelembaban didalam mesin tetas sedangkan untuk aktuator yang digunakan yaitu lampu pemanas dan kipas untuk meratakan suhu didalam ruang mesin penetas. proses pengendalian suhu dan kelembaban pada penelitian tersebut menggunakan *set point* sebesar 35,3 °C - 40.5 °C, serta rentang kelembaban antara 60%-70%. Pada pengujian penelitian tersebut didapati hasil pengujian menunjukkan selisih kesalahan yang kecil antara nilai hasil pengukuran sensor *SHT11* dengan nilai hasil pengukuran menggunakan alat ukur manual yaitu kurang dari 1°C untuk suhu dan kurang dari 5% untuk kelembaban (Jufiril, 2015).

Penelitian terdahulu tersebut memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, yaitu penggunaan mikrokontroler yang digunakan sama-sama menggunakan *arduino uno* sehingga penulis menilai penggunaan mikrokontroler tersebut sudah cukup untuk digunakan dalam penelitian ini. Kemudian perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitian terdahulu tersebut yaitu dari jumlah objek telur yang akan ditetaskan, pada penelitian penulis terdapat tiga buah jenis telur diantaranya yaitu telur bebek, telur ayam, dan telur puyuh sedangkan pada penelitian terdahulu tersebut hanya terdapat satu jenis telur yaitu telur ayam. Selain itu penerapan metode *fuzzy* pada penelitian penulis diterapkan untuk mengetahui jenis telur, sedangkan pada penelitian terdahulu tersebut penggunaan metode *fuzzy* digunakan untuk mengatur tingkat suhu dan kelembaban. Selain itu juga aktuator yang digunakan untuk mengatur kelembaban udara pada penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan *humidifier*, sementara pada penelitian terdahulu tersebut tidak terdapat aktuator yang digunakan untuk mengendalikan kelembaban udara pada penelitiannya

Penelitian mengenai mesin penetas telur juga telah dilakukan dengan membuat purwarupa mesin penetas telur ayam menggunakan metode *fuzzy logic* controler. Tujuan pada penelitian tersebut yaitu untuk mengendalikan suhu ruang mesin penetas telur menggunakan sensor suhu *LM35* untuk mengambil data suhu dengan aktuator berupa lampu pemanas dan kipas angin untuk meratakan suhu diruang mesin penetas telur, tujuan lain dari penelitian tersebut yaitu untuk mengendalikan pemutaran rak telur secara otomatis menggunakan motor yang difungsikan untuk memutar rak telur. Mikro kontroler yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu *AT Mega 128* dengan menggunakan bahasa

pemrograman *code vision AVR*. *Set point* suhu yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu 38°C - 40°C. Pada pengujian penelitian tersebut didapati selisih hasil nilai suhu antara *set point* dengan suhu yang terdeteksi oleh sensor kurang dari 1°C dan persentase keberhasilan penetasan telur sebesar 88% (Suprpto, 2010).

Penelitian terdahulu tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, yaitu pada *set point* suhu yang digunakan untuk menetas telur ayam sebesar 38°C - 40°C. Selain itu pada penelitian terdahulu tersebut juga telah dilengkapi dengan pemutar rak telur secara otomatis dimana pada penelitian yang dilakukan oleh penulis juga telah dilengkapi dengan fitur tersebut. Kemudian perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitian terdahulu tersebut yaitu dari penggunaan sensor yang digunakan untuk mengambil data suhu pada penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan sensor *DHT11* sementara pada penelitian terdahulu tersebut menggunakan sensor *LM35*. Pada penelitian terdahulu tersebut belum dilengkapi dengan fitur pengatur tingkat kelembaban udara secara otomatis sementara pada penelitian yang dilakukan oleh penulis telah dilengkapi dengan fitur pengatur tingkat kelembaban udara secara otomatis. Selain itu juga mikrokontroler yang digunakan juga berbeda dengan mikrokontroler yang digunakan oleh penulis, yaitu pada penelitian terdahulu tersebut menggunakan mikrokontroler *AT Mega 128* sementara pada penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan *arduino uno* dengan mikrokontroler *AT Mega 328*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Karakteristik Telur

2.2.1.1 Telur Ayam Ras

Telur ayam ras/ras, umumnya berwarna coklat pastel hingga coklat merah, dengan berat berkisar antara 50-70 g per butir (Suprpti, 2002). Sedangkan untuk ukuran diameter telur ayam ras yaitu rata-rata 4,48 cm (Hamidah, 2014).



Gambar 2.1 Telur ayam ras

2.2.1.2 Telur Bebek

Telur itik/bebek, umumnya berwarna biru hijau, dengan berat berkisar antara 70g-80g per butir (Suprpti, 2002). Sedangkan untuk diameter telur bebek yaitu rata-rata 4,1775 cm (Hamidah, 2014).



Gambar 2.2 Telur bebek

2.2.1.3 Telur Puyuh

Telur puyuh, umumnya berwarna putih bertotol-totol coklat kehitaman, dengan berat kurang lebih 10 g per butir (Suprapti, 2002). Sedangkan untuk diameternya rata-rata sebesar 2,1375 cm (Hamidah, 2014).



Gambar 2.3 Telur puyuh

2.2.2 Penetasan Telur Unggas

Penetasan pada unggas dapat dibedakan menjadi dua, yaitu : secara alamiah dan buatan. Penetasan secara alamiah (*natural incubation*) tergantung sepenuhnya pada induk penghasil telur tetas itu sendiri. Sebaliknya pada penetasan secara buatan (*artificial incubation*) dimana sepenuhnya tergantung pada tiga pokok besar yaitu : mesin tetas, telur tetas dan operator.

Prinsip proses penetasan buatan garis besarnya dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu telur tetas yang akan ditetaskan, mesin tetas yang akan digunakan dan orang yang menjalankan proses penetasan tersebut (*operator*). Jika diprosentasekan dari ke 3 faktor tersebut adalah sebagai berikut : 33,3% dipengaruhi oleh telur tetas, 33,3% dipengaruhi oleh mesin tetas dan 33,3% ditentukan oleh peranan petugasnya. Agar telur tetas memberikan peranan sebesar itu maka telur yang akan ditetaskan harus diseleksi, adapun hal-hal yang perlu diseleksi adalah sebagai berikut : bentuk telur (*harus oval, lebih tepat dihitung indek telur= sumbu pendek dibagi sumbu panjang telur dikalikan 100 %, jika 72 – 74 % berarti telur tersebut oval*), telur harus berasal dari pejantan (*sex ratio, tiap bangsa unggas berbeda*), berat telur (*bangsa unggas berbeda*), lama simpan (*tidak lebih dari 7 hari*), kebersihan telur (*agar pori-pori kulit telur tak tertutup dengan kotoran sehingga respirasi embrio dapat berjalan dengan lancar*), keutuhan telur (*usahakan telur tak retak*), warna telur/yang gelap lebih memungkinkan mendapatkan daya tetas yang relatif lebih besar bila dibandingkan dg yang cerah (*penilaian item ini hanya pada jenis telur yg*

berasal dari bangsa unggas yang sama, misal : telur itik harus dibandingkan dg telur itik, tetapi tidak boleh dibandingkan dengan telur puyuh). Begitu pula agar mesin tetas memberikan peranan sebesar itu, maka mesin tetas harus memberikan kondisi fisik yg optimal artinya mesin tetas dikatakan baik jika memberikan suhu dan kelembaban yang optimal yang disesuaikan dengan telur bangsa unggas yang akan ditetaskan (Sudjarwo, 2012).

2.2.2.1 Penetasan Telur Ayam

Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam proses penetasan telur ayam antara lain suhu, kelembaban, serta waktu penetasan. Suhu yang Ideal untuk penetasan telur ayam adalah 38°C dengan kelembaban 65% – 80%. Adapun lamanya proses penetasan yang normal adalah 21 hari (Aini, 2013).

2.2.2.2 Penetasan Telur Bebek

Pada penetasan komersial biasanya terdapat dua *incubator* yang terpisah. Inkubasi pertama dilaksanakan mulai telur dimasukkan sampai dengan hari ke 24. Suhu yang diperlukan berkisar antara 99,5-100°F atau 37,5-37,8 °C dengan kelembaban nisbi 60-65% atau wet bulb menunjukkan angka 87-89°F. Selanjutnya pada hari ke 25 telur tetas dipindahkan ke *incubator* kedua . Pada periode ini telur tetas sudah tidak perlu dibalik . Suhu yang diperlukan pada periode *incubator* kedua ialah 98-99°F atau 36,7 - 37,2°C dengan kelembaban nisbi 70-80% atau wet bulb menunjukkan angka 90-94°F . Maksud dari penurunan suhu *incubator* kedua ialah pada periode ini embrio sudah tidak mengalami proses pertumbuhan akan tetapi sudah memasuki proses penetasan, yang mana embrio justru perlu sedikit mengeluarkan panas didalam aktifitas untuk proses pemecahan kulit . Akan tetapi didalam periode ini untuk membantu keremahan kulit telur perlu kelembaban yang cukup tinggi yaitu 70 - 80% (Widodo, 1999).

2.2.2.3 Penetasan Telur Puyuh

Sebelum telur dimasukkan, mesin penetas *difumigasi* dengan larutan kalium *permanganat* - *formalin*. Telur dibersihkan, selanjutnya telur puyuh ditimbang dan di kelompokkan berdasarkan bentuk telur dan bobotnya. Telur selanjutnya dimasukkan ke dalam mesin penetas. Pemutaran telur dilakukan mulai hari 3 sampai dengan hari ke 14. Pemutaran dilakukan tiga kali sehari, pada pukul 06.00, 13.30 dan 21.00. Suhu yang digunakan 100.04 °F atau 37.8°C selama proses penetasan dengan kelembaban antara 55 sampai 65 persen sampai terlihat keretakan pada telur, kemudian kelembaban dinaikkan menjadi antara 72 sampai 77 persen. Telur menetas pada hari ke 18 (Mahi , 2012).

2.2.3 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan logika yang dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965, melalui teorinya tentang himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang memiliki kemungkinan adanya nilai keanggotaan antara 0 dan 1 berbeda dengan himpunan klasik yang hanya memiliki dua nilai yaitu nilai 1 atau nilai 0. Karena adanya kemungkinan nilai keanggotaan diantara nilai 0 dan 1 maka

logika *fuzzy* dapat diterapkan pada permasalahan yang memiliki kemungkinan adanya ketidak pastian.

Himpunan *fuzzy* mempunyai dua atribut, yaitu *linguistik* dan *numeris*. *Linguistik* merupakan istilah yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami seperti terang, redup, gelap. *Numeris* merupakan istilah yang berbentuk suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 4, 17, 100 dan sebagainya.

Himpunan *fuzzy* terdiri dari beberapa komponen yaitu : variabel *fuzzy* yang merupakan sesuatu yang akan dibahas dalam sistem *fuzzy*, contohnya adalah, umur, kecepatan, dan suhu. Komponen lain pada sistem *fuzzy* adalah himpunan *fuzzy* yang merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Komponen terakhir adalah Semesta Pembicaraan yaitu keseluruhan nilai yang diperoleh untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*, semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri kekanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya (Kusrini, 2008).

Terdapat beberapa metode pengambilan keputusan dalam logika *fuzzy* salah satunya yaitu metode *Mamdani*. Fungsi implikasi yang digunakan pada pengambilan keputusan dengan metode *Mamdani* dengan menggunakan MIN dan dalam melakukan komposisi dengan menggunakan MAX. Metode komposisi ini sering disebut MAX-MIN (Sutikno, 2014) .

Dalam proses perhitungan logika *fuzzy Mamdani* terdapat beberapa tahapan untuk dapat menghasilkan *output* yang diharapkan yaitu diperkenalkan oleh Mamdani dan Assilian (1975). Ada 4 tahapan dalam inferensi *Mamdani* Pembentukan himpunan *fuzzy* (*fuzzyfication*) dimana variabel *input* dan *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Kemudian dibentuk aturan *fuzzy*. Setelah didapatkan aturan *fuzzy* tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah mencari nilai α predikat untuk setiap aturan yang digunakan. Dalam mencari nilai aturan α predikat, digunakan aturan min dan menggunakan operator *and*, yaitu mencari nilai terkecil dari dua aturan yang di implikasikan. Setelah dilakukan implikasi aturan, dan di dapatkan nilai terkecil untuk setiap implikasi, maka dilakukan aturan max pada seluruh aturan yang diimplikasikan. Kemudian dicari nilai daerah hasil untuk setiap parameter yang terdapat pada variabel *output* berdasarkan nilai yang diperoleh dari perhitungan implikasi dan komposisi aturan *fuzzy* yang telah dilakukan.

Langkah terakhir adalah melakukan *defuzzifikasi* dengan tujuan untuk mengkonversi setiap hasil dari *inference engine* yang diekspresikan dalam bentuk himpunan *fuzzy* ke suatu bilangan real. Terdapat beberapa metode defuzzifikasi pada model *fuzzy Mamdani*, yaitu *Mean Of Maximum* (MOM), *Smallest Of Maximum* (SOM), *Largest Of Maximum* (LOM), *Bisektor*, dan *Centroid Of Grafity*(COG). Untuk perhitungan defuzzifikasi dengan metode *Centroid Of Grafity* (COG), digunakan **persamaan 2.1**.

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu_{A(X)}x}{\sum_{x=a}^b \mu_{A(X)}} \quad (2.1)$$

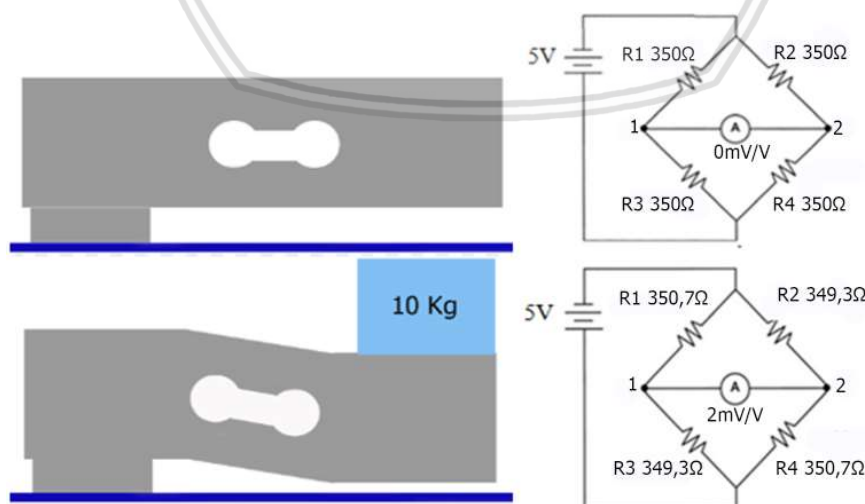
Persamaan 2.1 diatas merupakan persamaan yang digunakan untuk melakukan perhitungan nilai akhir logika *fuzzy* dengan metode *Centroid Of Grafitiy (COG)*. Perhitungan nilai b pada persamaan diatas didapatkan dari nilai maksimal daerah hasil yang memiliki nilai keanggotaan maksimal, nilai x didapatkan dari perhitungan nilai daerah hasil yang memiliki nilai minimal.

2.2.4 Sensor *Load Cell*

Load Cell adalah sensor yang dapat mendeteksi adanya perubahan massa yang ditimbulkan oleh gaya dan gravitasi suatu benda. Perubahan yang ditimbulkan oleh gaya dan gravitasi benda nantinnnya akan dijadikan sebuah sinyal *analog* dan akan diteruskan ke *tranduser*. *Tranduser* berfungsi mengubah sinyal *analog* yang ditimbulkan oleh *load cell* ke besaran listrik (Khakim, 2015).

Prinsip kerja *load cell* dihitung dari perubahan *resistansi* yang terjadi akibat timbulnya sebuah regangan pada *foil* metal *strain gaugs*. Perubahan *resistansi* diakibatkan oleh pemberian sebuah beban pada sisi yang elastis sehingga mengalami perubahan tekanan sesuai dengan yang dihasilkan oleh *strain guge*. Dari hasil perubahan tekanan pada beban akan dirubah menjadi tegangan oleh komponen pendukung yang ada.(Khakim, 2015).

Secara teori, prinsip kerja *load cell* berdasarkan pada jembatan *wheatstone* dimana saat *load cell* diberi beban terjadi perubahan pada nilai resistansi, nilai resistansi R1 dan R3 akan turun sedangkan nilai resistansi R2 dan R4 akan naik. Ketika posisi setimbang, *vout load cell* = 0 volt, namun ketika nilai resistansi R1 dan R3 naik maka akan terjadi perubahan *vout* pada *load cell*. pada *load cell output* data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada R1, sedangkan *output* (-) dipengaruhi oleh perubahan resistansi R3 (Alexander, 2013).



Gambar 2.4 Prinsip kerja sensor *load cell* berdasarkan rangkaian jembatan *wheatstone*

2.2.5 Sensor Warna

Sensor warna adalah sebuah *photodetektor* berbentuk tumpukan (*array*), terdiri dari filter warna merah, hijau dan biru. Setiap filter warna didistribusikan kesetiap tumpukan untuk mengeliminasi berkas bias disepanjang warna. Terdapat sebuah *oscillator* atau pembangkit frekuensi yang menghasilkan sebuah gelombang kotak yang akan mengeluarkan besaran frekuensi tergantung pada intensitas warna yang diterima (Kiftiyah, 2015).

2.2.6 Sensor DHT

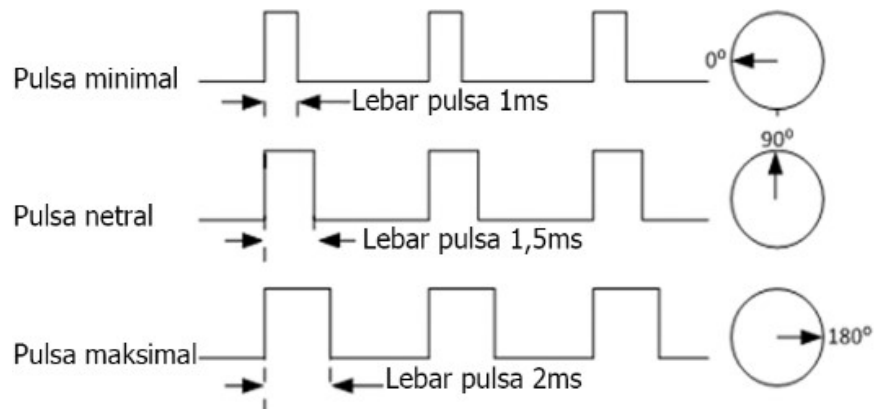
Sensor *DHT* merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. *DHT* memiliki fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi ini disimpan dalam OTP program memory, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu suhu atau kelembaban, maka *module* ini membaca koefisien sensor tersebut. Ukurannya yang kecil, dengan transmisi sinyal hingga 20 meter, membuat produk ini cocok digunakan untuk banyak aplikasi-aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban (Adiptya, 2013).

2.2.7 Motor Servo

Motor *servo* merupakan salah satu perangkat elektronika yang biasa digunakan sebagai aktuator. Motor *servo* menggunakan sistem kontrol umpan balik dengan loop tertutup, sehingga dapat diatur untuk memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. Motor *servo* terdiri dari penggerak berupa motor *DC*, serangkaian gir, rangkaian kontrol, dan *potensiometer*. Rangkaian gir yang terdapat pada poros motor *DC* berfungsi untuk meningkatkan torsi, sedangkan *potensiometer* berfungsi untuk menentukan batas posisi putaran poros motor *servo* sesuai dengan perubahan resistansi pada *potensiometer*.

Motor *servo* terbagi menjadi dua jenis, yaitu motor *servo* standar dengan putaran maksimal 180°, masing – masing 90° ke kanan, dan 90° ke kiri. Motor *servo* jenis ini paling umum digunakan, karena besaran sudut dapat ditentukan pada rentang jarak 0° sampai dengan 180°. Jenis kedua dari motor *servo* adalah motor *servo continuous*, yaitu motor *servo* yang dapat bergerak ke arah kanan dan kiri secara terus menerus. Motor *servo* dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*PWM*) melalui kabel kontrol, yang akan menentukan besaran sudut putaran dari poros motor *servo*.

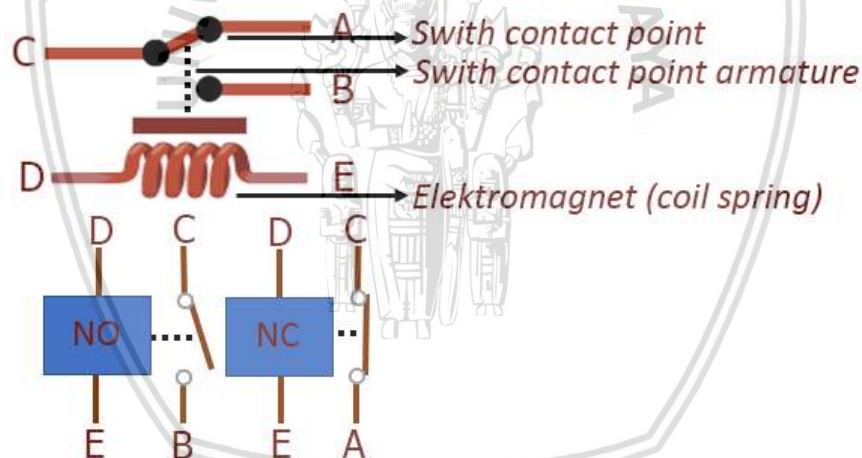
Motor *servo* dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse WIDE Modulation / PWM*) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor *servo*. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor *servo* ke posisi sudut 90° . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor *servo* akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan gambar 2.5 dibawah ini (Elektro, 2014).



Gambar 2.5 Pulsa kendali motor servo

2.2.8 Relay

Modul *relay* adalah saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*Coil*) dan mekanikal (seperangkat Kontak saklar/*switch*). *Relay* menggunakan prinsip *elektromagnetik* untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi (Santoso, 2017).



Gambar 2.6 Prinsip kerja relay

Berdasarkan gambar 2.6 diatas, prinsip kerja *relay* pada dasarnya terdiri dari 2 kontak poin (*Contact Point*) yaitu :

- *Normally-Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu tersambung dengan kontak sumber (*Common*) ketika posisi saklar (*switch off*) terletak pada titik A.
- *Normally-Open* (NO) yaitu kondisi akan tersambung dengan kontak sumber (*Common*) ketika posisi saklar (*switch on*) terletak pada titik A.

Apabila *elektromagnet* (*coil*) diberikan arus listrik melalui titik D dan E, maka akan timbul gaya *elektromagnet* sehingga *spring* (*per*) akan merenggang yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya *Normally-*

Close di titik A ke posisi baru *Normally-Open* di titik B sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi baru *Normally-Open* (Elektronika, 2013).

2.2.9 Modul RTC (*Real Time Clock*)

Real Time Clock merupakan suatu *chip* (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal, ada dua buah jenis IC RTC yaitu :

1. DS1307 merupakan *Real Time Clock* (RTC) yang menggunakan jalur data paralel yang dapat menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu dan tahun, *battery-backed*, RAM *nonvolatile*(NV) untuk penyimpanan.
2. DS12C887 menggunakan jalur data seri yang memiliki *register* untuk menyimpan data detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun. RTC ini memiliki 128 lokasi RAM yang terdiri dari 15 *byte* untuk data waktu serta kontrol, dan 113 *byte* sebagai RAM umum. RTC DS12C887 menggunakan bus yang *termultiplex* untuk menghemat pin. *Timing* yang digunakan untuk mengakses RTC dapat menggunakan intel *timing* atau motorola *timing*. RTC ini juga dilengkapi dengan pin *IRQ* untuk kemudahan dalam proses (Maulana, 2017).

2.2.10 Lampu Pijar

Lampu pijar adalah suatu perangkat yang menghasilkan cahaya dengan memanaskan kawat filamen sampai suhu tinggi sampai bersinar. Filamen panas dilindungi dari oksidasi di udara dengan pelindung yang terbuat dari kaca yang diisi dengan gas inert atau dievakuasi. Dalam sebuah lampu halogen, evaporasi filamen dicegah oleh proses kimia yang *redeposits* logam uap ke filamen untuk memperpanjang keaktifannya. Bola lampu disuplai dengan arus listrik dengan *feed*-melalui terminal atau kawat yang melekat pada kaca. Lampu Kebanyakan digunakan dalam soket yang memberikan dukungan mekanis dan sambungan listrik (Abdullah, 2016).

2.2.11 Ultrasonic Humidifier

Humidifier Ultrasonic adalah mesin pelembab yang berfungsi untuk meningkatkan tingkat kelembaban di udara. cara kerja dari *Ultrasonic humidifier* ini yaitu dengan cara menambah kelembaban udara menggunakan frekuensi tinggi getaran suara. Getaran-getaran tersebut membuat kabut halus ultra di udara. Diafragma logam di dalam mesin bergetar pada frekuensi tinggi dan menciptakan kabut. Ukurannya yang kecil sangat efisien untuk menyesuaikan kondisi ruangan. Dan beberapa fitur pada mesin yang berfungsi untuk mengatur kontrol kabut yang dihasilkan (Winda, 2014).

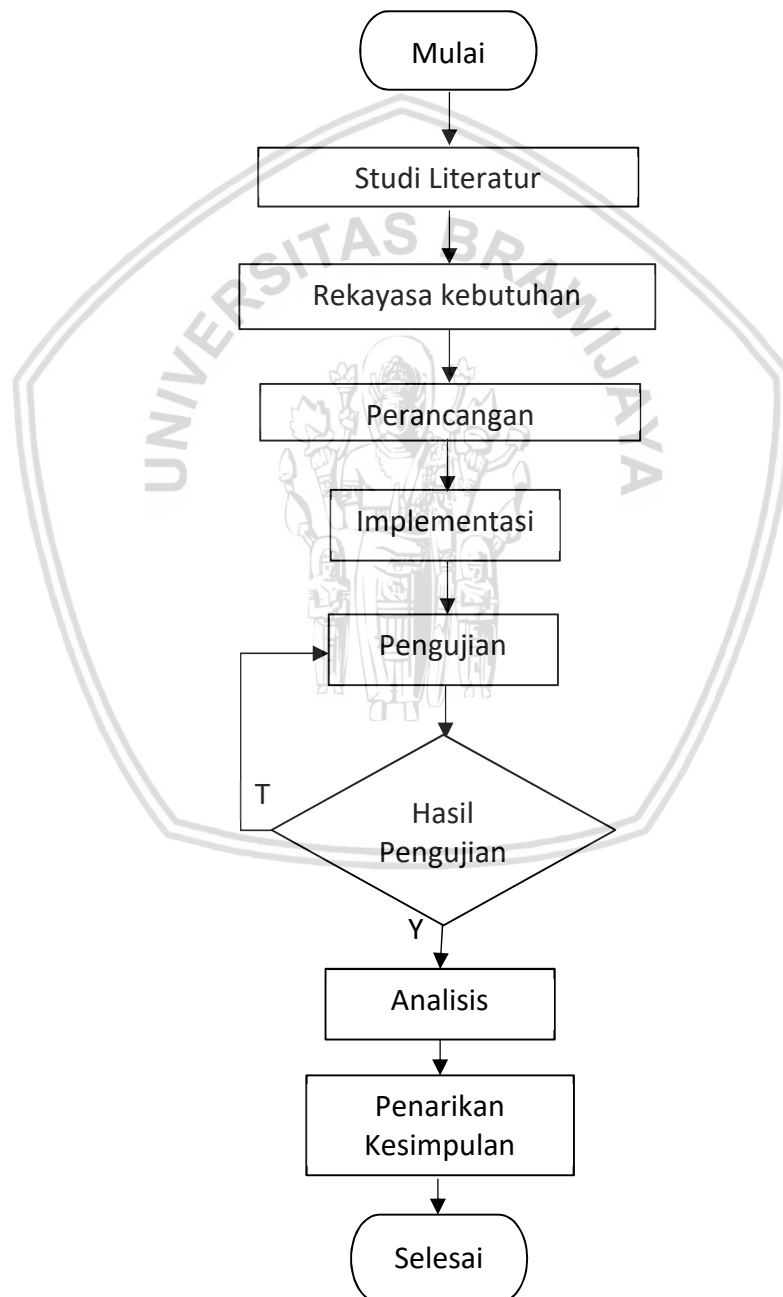
2.2.12 Dot matrix LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Metodologi Penelitian

Tahap awal sebelum memulai sebuah penelitian adalah penentuan metode yang akan digunakan. Hal ini akan membantu di dalam pelaksanaan penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan tujuan dari penelitian. Studi dalam penelitian ini adalah mengimplementasikan sistem embedded untuk mengetahui jenis telur dan mengontrol berbagai parameter yang dibutuhkan dalam sistem penetas telur.



Gambar 3.1 Alur metodologi penelitian

3.1.1 Studi Literatur

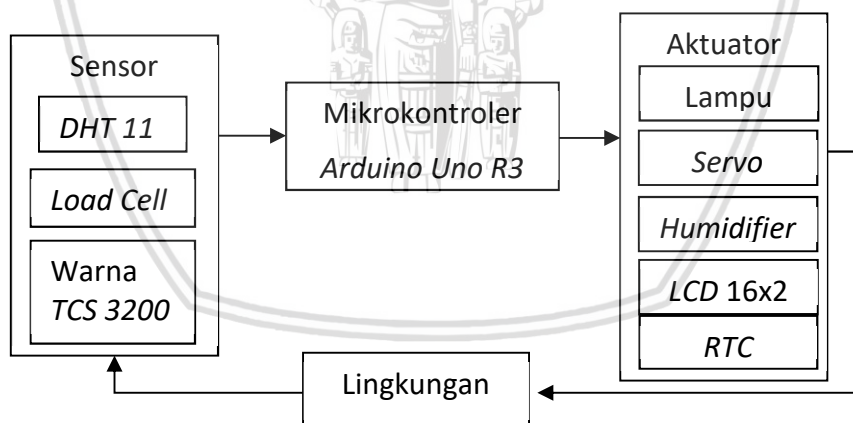
Studi literatur mempelajari mengenai penjelasan dasar teori yang digunakan untuk menunjang penulisan skripsi. Hal ini akan membantu di dalam pelaksanaan penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan tujuan dari penelitian. Studi dalam penelitian ini adalah implementasi sistem *embedded* untuk menentukan jenis telur dan mengontrol sistem penetas telur.

3.1.2 Rekayasa Kebutuhan

Rekayasa kebutuhan pada penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kebutuhan dalam penelitian. rekayasa kebutuhan terbagi atas beberapa kategori yaitu perpektif sistem, karakteristik pengguna, lingkungan operasional sistem, asumsi dan ketergantungan,kebutuhan komponen pengangkat keras, kebutuhan piranti lunak, Kebutuhan fungsional sistem dan kebutuhan non fungsional sistem. Rekayasa kebutuhan sistem akan digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan sistem yang akan dibuat.

3.1.3 Perancangan

Perancangan merupakan tahapan penelitian dimana sistem didesain agar dapat memenuhi kebutuhan fungsional dan bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Teori dan literatur yang mendukung serta pengetahuan yang didapatkan selama perkuliahan menjadi dasar dan panduan dalam implementasi sistem sistem penetas telur unggas bebek, ayam dan puyuh menggunakan metode *fuzzy* ini.



Gambar 3.2 Diagram blok sistem

Pada gambar 3.2 diatas merupakan blog diagram dari sistem secara umum. dimana pada sistem tersebut terdapat tiga bagian sub sistem yang masing-masing subsistem memiliki fungsi berdeda antara satu dengan yang lainnya.

3.1.4 Implementasi

Implementasi sistem dilakukan dengan mengacu kepada perancangan sistem. Tahapan implementasi dibagi menjadi dua yaitu implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak. Pada tahapan implementasi perangkat keras hal yang dilakukan adalah melakukan konfigurasi perangkat keras pada *node*

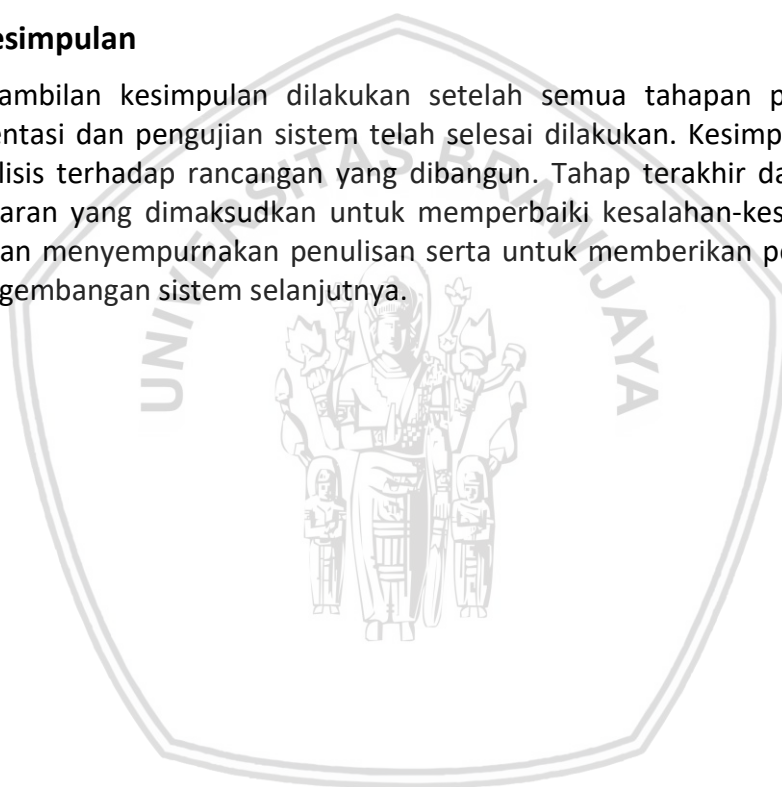
sensor yang meliputi *arduino*, sensor warna, sensor *load cell*, lampu pijar, *humidifier*, *RTC*, dan *LCD*. Sedangkan pada tahapan implementasi perangkat lunak disisi *embedded system* meliputi pemrograman *arduino* dengan menggunakan bahasa C.

3.1.5 Pengujian dan Analisis

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui kesesuaian dan performa dari sistem. Kesesuaian merupakan kemampuan sistem menghasilkan keluaran sesuai dengan *input* yang diberikan dan juga proses yang dilakukan oleh sistem. Performa sistem merupakan kemampuan sistem untuk melakukan proses pengolahan data *input* sehingga menghasilkan *output* dengan baik dan benar serta waktu proses yang singkat.

3.1.6 Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan perancangan, implementasi dan pengujian sistem telah selesai dilakukan. Kesimpulan diambil dari analisis terhadap rancangan yang dibangun. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi dan menyempurnakan penulisan serta untuk memberikan pertimbangan atas pengembangan sistem selanjutnya.



BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

4.1 Deskripsi Umum

Sistem yang akan dibuat yaitu sistem yang mampu menentukan suhu dan kelembaban pada penetas telur unggas meliputi jenis telur bebek, telur burung puyuh, dan telur ayam berdasarkan berat dan warna telur menggunakan metode *fuzzy*. Sistem akan terdiri dari perangkat keras berupa mikrokontroler yang berfungsi untuk mengendalikan keseluruhan sistem. Perangkat keras lainnya ada berupa sensor warna yang digunakan untuk mendeteksi perbedaan warna dari tiap jenis telur dan sensor *load cell* yang digunakan untuk mendeteksi perbedaan berat dari tiap jenis telur. Pada bagian aktuator digunakan lampu pijar sebagai sumber panas pada sistem penetas telur dan *humidifier* untuk meningkatkan nilai kelembaban udara didalam ruang penetas telur.

4.1.1 Perpektif Sistem

Sistem ini dikatakan bisa bekerja sesuai dengan fungsi dan tujuannya apabila sistem mampu membaca data yang didapat dari sensor warna dan sensor *load cell* untuk menentukan jenis telur dan kemudian aktuator berupa lampu pijar dan *humidifier* dapat berfungsi untuk menjaga kestabilan temperatur dan kelembaban udara sesuai dengan data yang diperoleh dari perhitungan metode *fuzzy*.

4.1.2 Karakteristik Pengguna

Sistem ini diperuntukkan untuk *single user* yang bertugas sebagai *operator* mesin penetas telur. Sistem yang terdiri dari perangkat keras berupa sensor warna dan sensor berat digunakan untuk mendeteksi jenis telur berdasarkan warna dan beratnya, kemudian data yang diperoleh oleh sensor akan dikirimkan ke mikrikontroler yang selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk menentukan suhu dan kelembaban ruang pada sistem penetas telur sesuai dengan nilai yang telah ditentukan.

4.1.3 Lingkungan Operasi Sistem

Berikut adalah kebutuhan lingkungan yang mendukung bekerjanya sistem:

1. Sistem tidak membutuhkan koneksi dengan jaringan lokal.
2. Pengiriman data sensor hanya melalui kabel.
3. Sistem harus diletakkan di dalam ruangan

4.1.4 Asumsi dan Ketergantungan

Beberapa asumsi dan ketergantungan pada sistem ini antara lain:

1. Data sensor dapat terbaca oleh sistem apabila diterapkan sesuai dengan rancangan rangkaian sensor dengan mikrokontroller pada sistem.
2. Pin yang dipasang harus sesuai dengan pin yang diinisialisasikan dalam program.
3. Pada awal pengoperasian, sistem harus dalam keadaan kosong (tidak diisi telur), kemudian setelah sistem running dilakukan peletakan telur.

4. Syarat utama pendeteksian jenis telur adalah baris rak telur yang difungsikan untuk mendeteksi jenis telur harus terisi secara penuh.
5. Telur yang digunakan harus dalam kondisi normal (tidak terdapat kelainan)
6. Hanya diperbolehkan meletakkan satu jenis telur yang sama dalam pengoperasian sistem (tidak boleh campur).

4.2 Kebutuhan Sistem

Pada bab ini disajikan seluruh kebutuhan dari sistem agar sistem dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan fungsional sistem, kebutuhan eksternal sistem, dan kebutuhan lainnya. Pada kebutuhan sistem tersebut meliputi aspek *input* dan *output* sistem, serta fungsi sistem terhadap *input* dan *output* dalam proses berjalannya sistem.

4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras yang digunakan untuk menyusun sistem ini terdiri dari beberapa komponen yang dijelaskan melalui tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat Keras (Hardware)	Fungsi
<i>Arduino Uno</i>	Berfungsi sebagai mikrokontroler untuk mengolah data <i>input/output</i> dari keseluruhan sistem.
Sensor <i>Load Cell</i>	Sebuah sensor untuk mengetahui berat.
Modul <i>HX711</i>	Modul penguat sinyal untuk sensor <i>load cell</i> .
Sensor Warna <i>TCS3200</i>	Sebuah sensor untuk mengetahui nilai frekuensi RGB / warna dari suatu benda.
<i>DHT11</i>	Sensor untuk mendeteksi tingkat suhu dan kelembaban udara.
<i>Ultrasonic Humidifier</i>	Berfungsi sebagai aktuator untuk meningkatkan nilai kelembaban udara.
Lampu Pijar	Sebagai penghangat pada ruang mesin penetas telur.
Motor <i>Servo</i>	Untuk memutar-mutar rak telur.
<i>Relay</i>	Berfungsi sebagai sakelar untuk lampu pijar dan <i>humidifier</i> .
<i>RTC</i>	Berfungsi untuk menghitung waktu pengoperasian selama proses penetasan berlangsung.
<i>LCD 20 x 4</i>	Berfungsi untuk menampilkan informasi yang dibutuhkan oleh operator sistem.

Tabel 4.1 merupakan tabel daftar dari komponen perangkat keras yang dibutuhkan untuk pembuatan sistem yang akan dibangun, pemilihan komponen-komponen tersebut sendiri dilakukan berdasarkan pada analisis sebagai berikut.

1. *Arduino uno*, pemilihan *arduino uno* sebagai *board* mikrokontroler didalam penelitian ini dikarenakan *board arduino* ini merupakan *board* mikrokontroler yang bersifat *open source* sehingga cukup mudah bagi penulis untuk mencari bermacam-macam referensi didalam proses pengerjaan penelitian yang dilakukan. *Uno* juga memiliki 14 pin digital *input/output* dimana 6 diantaranya adalah pin PWM dan 6 pin *input* analog, dimana jumlah pin tersebut sudah mencukupi untuk jumlah pin *input* atau *output* yang dibutuhkan oleh seluruh komponeh yang digunakan didalam pembuatan sistem ini.



Gambar 4.1 Arduino uno

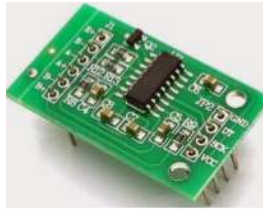
Sumber: Arduino (2015)

2. Sensor *load cell*, penggunaan sensro *load cell* dibutuhkan untuk melakukan pengukuran berat telur, dimana sensor yang dipakai merupakan sensor *load cell* dengan kapasitas maksimal 5kg, pemilihan kapasistas sensor *load cell* 5kg tersebut dilakukan berdasarkan kapasistas jumlah telur yang bisa ditampung didalam satu baris rak telur, yang mana jumlahnya sendiri 7 butir untuk telur ayam dan telur bebek, sedangkan 13 butir untuk telur puyuh, yang jika dihitung beratnya didalam satu baris rak telur tersebut tidak akan lebih dari 1kg. Karna hal tersebut maka penulis menilai sensor *load cell* dengan kapasitas maksimal 5kg sudah cukup untuk digunakan didalam sistem yang akan dibuat.



Gambar 4.2 Sensor load cell

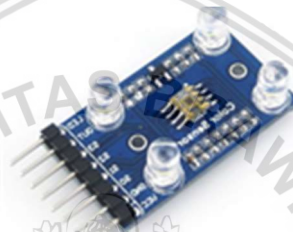
3. Modul *HX711* merupakan sebuah modul penguat sinyal untuk sebuah sensor *load cell*, maka dari itu penggunaan modul ini mutlak diperlukan agar sensor *load cell* bisa bekerja sesuai dengan program yang telah ditentukan.



Gambar 4.3 Modul HX711

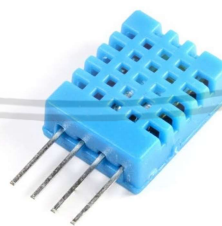
Sumber: Prayogo (2015)

4. Sensor warna, penggunaan sensor warna dibutuhkan untuk melakukan pengukuran warna dari cangkang kulit telur, tipe sensor warna yang digunakan didalam penelitian ini yaitu TCS 3200. Pemilihan tipe sensor tersebut tidak didasarkan karena hal-hal tertentu, melainkan karena ketersediaan stok yang ada pada saat pencarian sensor tersebut di toko komponen elektronik terdekat.



Gambar 4.4 Sensor warna TCS3200

5. *DHT*, sensor ini memiliki fungsi sebagai pendeteksi tingkat suhu dan tingkat kelembaban udara didalam suatu ruangan, tipe sensor *DHT* yang digunakan didalam penelitian ini yaitu *DHT11*, pemilihan tipe sensor tersebut dilakukan karena karakteristik dari sensor tersebut sudah mencukupi untuk kebutuhan sistem yang akan dibuat, selain itu juga karena ketersediaan stok yang banyak sehingga tidak sulit untuk memperoleh sensor tersebut pada toko komponen elektronik pada umumnya.



Gambar 4.5 Sensor DHT11

6. *Ultrasonic humidifier*, penggunaan *ultrasonic humidifier* sebagai aktuator yang berfungsi untuk menambah kelembaban udara pada penelitian ini dikarenakan dimensi yang dimiliki oleh *ultrasonic humidifier* tersebut cukup kecil sehingga tidak terlalu memakan ruang pada ruang sistem penetas telur. Selain itu juga karena cara penggunaannya yang sederhana serta mampu meningkatkan nilai kelembaban didalam ruang sistem penetas telur secara signifikan.



Gambar 4.6 Ultrasonic humidifier

7. Lampu pijar, lampu berfungsi sebagai sumber panas didalam ruang sistem penetas telur, pemilihan lampu pijar pada penelitian ini tidak harus merujuk pada tipe atau merek lampu tertentu, cukup dilihat dari fungsionalitas lampu tersebut apakah bisa untuk digunakan sebagai penghangat ruangan atau tidak.



Gambar 4.7 Lampu pijar

8. Motor *servo*, pemilihan motor *servo* yang digunakan didalam penelitian ini dilakukan berdasarkan pertimbangan berat beban yang akan digerakkan pada pengoperasian sistem nantinya, maka dari itu pada penelitian ini penulis menggunakan motor *servo* yang cukup kuat dengan tipe *tower pro* MG995 dimana motor *servo* tersebut memiliki torsi sebesar 13kg / cm sehingga dinilai mampu untuk menggerakkan rak telur dengan kapasitas penuh 35 butir telur ayam atau sekitar 2,5kg.



Gambar 4.8 Motor servo

9. *Relay*, penggunaan *relay* pada penelitian ini berfungsi sebagai sakelar tegangan tinggi untuk menyalakan lampu pijar dan *humidifier*, sementara untuk pemilihan jenis *relay*nya sendiri harus memenuhi kemampuan *relay*

untuk mengalirkan besar tegangan yang akan melewatinya, yang mana dalam penelitian ini sebesar 220 Volt (tegangan listrik PLN).



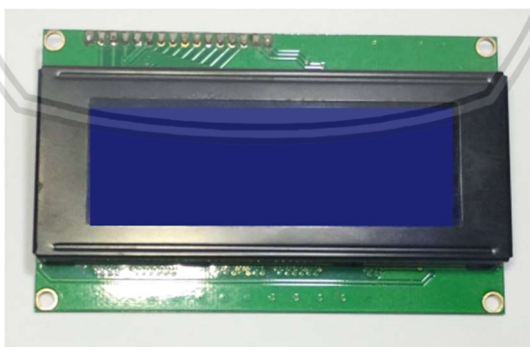
Gambar 4.9 Modul relay

10. *Real Time Clock*, pemilihan modul *RTC* untuk digunakan pada penelitian ini dilakukan karena sistem yang dibangun oleh penulis memiliki waktu proses kerja yang cukup lama, yaitu selama masa penetasan telur, maka dari itu perhitungan waktu dalam sistem ini merupakan suatu elemen yang memiliki fungsi cukup penting, sehingga penulis memutuskan untuk menggunakan modul *RTC* sebagai modul yang berfungsi untuk menghitung waktu selama sistem berjalan.



Gambar 4.10 Modul RTC

11. *LCD 20 x 4*, pemakaian *LCD* bertujuan untuk menampilkan informasi-informasi yang dibutuhkan oleh operator untuk mengetahui apakah sistem sudah berjalan secara benar atau tidak, yang mana diantaranya memuat informasi jenis telur, suhu, kelembaban, dan waktu proses yang telah berjalan.



Gambar 4.11 LCD dot matrix 20 × 4

4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak pada sistem ini dijelaskan melalui Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Kebutuhan perangkat lunak

Perangkat Lunak (Software)	Fungsi
<i>Arduino IDE</i>	Berfungsi untuk menulis dan melakukan <i>upload</i> program pada mikrokontroler <i>arduino</i> agar dapat berfungsi untuk mengolah data I/O dari sistem.
Logika Fuzzy Mamdani	Digunakan untuk menentukan jenis telur berdasarkan data yang diperoleh oleh sensor <i>load cell</i> dan sensor warna.
<i>Library HX711</i>	Digunakan untuk menjalankan kode program yang ditulis untuk mendeteksi berat menggunakan sensor <i>load cell</i> .
<i>Library Servo</i>	Digunakan untuk menjalankan kode program yang ditulis untuk mengatur putaran motor <i>servo</i> .
<i>Library EEPROM</i>	Digunakan untuk menjalankan kode program yang ditulis untuk menyimpan data pada <i>eeprom</i> .
<i>Library SimpleDHT</i>	Digunakan untuk menjalankan kode program yang ditulis untuk mendeteksi nilai suhu dan kelembaban menggunakan sensor <i>DHT11</i> .
<i>Library LiquidCrystal_I2C</i>	Digunakan untuk menjalankan kode program yang ditulis untuk menampilkan karakter pada <i>LCD 20x4</i> menggunakan perantara modul <i>I2C</i> .
<i>Library RTC</i>	Digunakan untuk menjalankan kode program yang ditulis untuk melakukan perhitungan waktu menggunakan modul <i>RTC</i> .

Tabel 4.2 merupakan tabel daftar dari komponen perangkat lunak yang dibutuhkan untuk pembuatan sistem yang akan dibuat, pemilihan komponen-komponen tersebut sendiri dilakukan berdasarkan pada analisis sebagai berikut.

1. *Arduino IDE*, merupakan aplikasi *open source* untuk memprogram *board arduino*, aplikasi ini berguna untuk menulis *sketch* program, memvalidasi kode program, dan *mengupload* kode program pada *board arduino*, sehingga penggunaan aplikasi ini mutlak dibutuhkan untuk digunakan pada penelitian ini.
2. Logika Fuzzy Mamdani, penggunaan logika *fuzzy* dilakukan berdasarkan pada apa yang telah dijelaskan pada bab landasan kepustakaan, dimana himpunan *fuzzy* merupakan himpunan yang memiliki nilai keanggotaan antara nol dan satu, sehingga logika *fuzzy* sangat sesuai untuk diterapkan pada permasalahan

yang memiliki ketidak pastian nilai keanggotaan. Maka dari itu penulis menggunakan logika *fuzzy mamdani* untuk proses perhitungan jenis telur pada penelitian ini, sehingga perhitungan yang dilakukan bisa menghasilkan nilai yang paling mendekati antar kategori jenis telur yang digunakan didalam penelitian ini.

3. *Library HX711*, *library* merupakan *file* yang digunakan untuk melakukan manipulasi data berkenaan dengan konektifitas *hardware* tertentu dengan *arduino*, maka dari itu penggunaan *library HX711* pada penelitian ini mutlak perlu dilakukan karena *library HX711* ini merupakan *library* yang dibutuhkan untuk menghubungkan sensor *load cell* dengan *arduino* sehingga kode program yang ditulis bisa berjalan sebagai mana mestinya.
4. *Library Servo*, sama halnya dengan penjelasan mengenai *library* pada poin 3 sebelumnya, *library servo* juga dibutuhkan untuk menghubungkan motor *servo* dengan *arduino* sehingga program yang ditulis untuk motor *servo* bisa berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
5. *Library EEPROM*, *Library EEPROM* digunakan sebagai antarmuka program untuk menjalankan proses baca dan tulis data pada memori *eprom* yang ada pada *arduino*, maka dari itu penggunaan *library* ini sangat dibutuhkan agar program baca tulis data pada *eprom* dapat berjalan seperti yang telah ditentukan.
6. *Library SimpleDHT*, *Library SimpleDHT* merupakan *library* yang digunakan untuk melakukan proses manipulasi data sensor *DHT* sehingga bisa melakukan proses penginderaan suhu dan kelembaban secara tepat, sehingga karena hal tersebut penulis menggunakan *library* ini untuk menjalankan sensor *DHT* sebagaimana program yang telah ditulis.
7. *Library LiquidCrystal_I2C*, *library* ini digunakan sebagai penghubung untuk menjalankan komunikasi serial antara perangkat yang menggunakan *i2c* dengan *arduino*, sehingga perangkat tersebut bisa melaksanakan tugas sebagaimana yang diinginkan sesuai dengan kode program yang telah ditentukan.
8. *Library RTC*, merupakan *library* yang dipakai untuk menjalankan fungsi pengolahan data dari modul *RTC* untuk kemudian dikonversi kedalam satuan waktu. Dengan menggunakan *library* ini proses manipulasi waktu dapat dilakukan sebagaimana yang diinginkan dengan menggunakan pengaturan kode program pada *arduino IDE*, maka dari itu penggunaan *library* ini dinilai sangat diperlukan didalam proses pembuatan sistem yang akan dibuat.

4.2.3 Kebutuhan Fungsional Sistem

Kebutuhan fungsional dari sistem adalah kebutuhan yang harus terpenuhi agar sistem dapat bekerja sesuai dengan tujuan. Beberapa kebutuhan fungsional pada sistem ini dijelaskan pada beberapa poin berikut ini.

1. Sistem dapat melakukan akuisisi data berat telur dengan menggunakan sensor *load cell*, dan warna telur menggunakan sensor warna. Fungsi ini mengharuskan sistem dapat membaca nilai data sensor berupa berat dan warna dari tiap jenis telur, kemudian data yang diperoleh oleh sensor akan diproses oleh mikrokontroler.
2. Sistem harus mampu menentukan jenis telur berdasar pengolahan data yang diperoleh oleh sensor. Fungsi ini mengharuskan sistem dapat menentukan jenis telur sesuai dengan perhitungan logika *fuzzy* yang dilakukan.
3. Lampu pijar dan *humidifier* harus mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban didalam ruang sistem penetas telur. Fungsi ini mengharuskan lampu pijar dan *humidifier* dapat bekerja sesuai dengan program yang telah ditentukan untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban ruang sistem penetas telur berdasarkan jenis telur.
4. Sistem dilengkapi dengan *LCD 20 x 4*, fungsi ini sangat dibutuhkan oleh *user* untuk melakukan pemantauan status yang sedang terjadi pada saat proses sistem sedang berjalan, sehingga sistem diharuskan mampu menampilkan informasi yang dibutuhkan tersebut pada *LCD 20x4*.

4.2.4 Kebutuhan Non Fungsional Sistem

Kebutuhan nonfungsional adalah batasan layanan atau fungsi yang ditawarkan sistem seperti batasan waktu, batasan pengembangan proses, dan standarisasi. Kebutuhan non-fungsional lebih kritis dari pada kebutuhan fungsional. Jika tidak dapat dilakukan, sistem menjadi tidak berguna.

1. Sistem harus dapat menentukan jenis telur berdasarkan perhitungan logika *fuzzy*. Fungsi ini mengharuskan sistem dapat melakukan perhitungan nilai berat dan nilai warna untuk menentukan jenis telur secara tepat.
2. Sistem harus dapat menentukan nilai suhu dan kelembaban berdasarkan jenis telur dan menjaga kestabilan suhu dan kelembaban didalam ruang sistem penetas telur. Fungsi ini mengharuskan sistem dapat menentukan nilai suhu dan kelembaban berdasarkan jenis telur serta menjaga kestabilan nilai suhu dan kelembaban berdasarkan nilai yang telah ditentukan.

BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

5.1 Perancangan Sistem

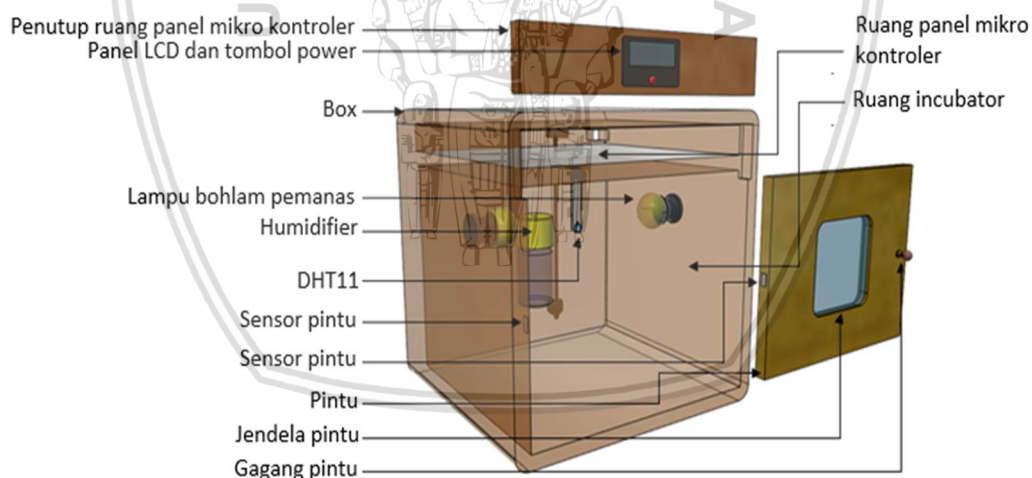
Pada tahapan perancangan sistem ini akan ditentukan perilaku sistem, cara kerja sistem, perangkat keras, serta perangkat lunak pendukung dan penyusun sistem.

5.1.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan sistem dimulai dengan mendesain *mockup* sistem yang akan dikembangkan dan penentuan perangkat keras yang akan digunakan dalam pembuatan sistem yang akan dibangun pada penelitian ini.

5.1.1.1 Perancangan mekanik *box* sistem penetas telur

Bagian perancangan mekanik *box* sistem penetas telur merupakan bagian perancangan dari bentuk nyata *box* sistem penetas telur yang akan dibangun pada penelitian ini, bahan utama yang dipakai untuk membuat *box* sistem penetas telur ini adalah kayu multipleks dengan ketebalan 10mm yang di rancang sesuai dengan bentuk sistem penetas telur pada umumnya. Adapun penjelasan untuk masing-masing bagian dalam perancangan *box* sistem penetas telur adalah sebagai berikut.

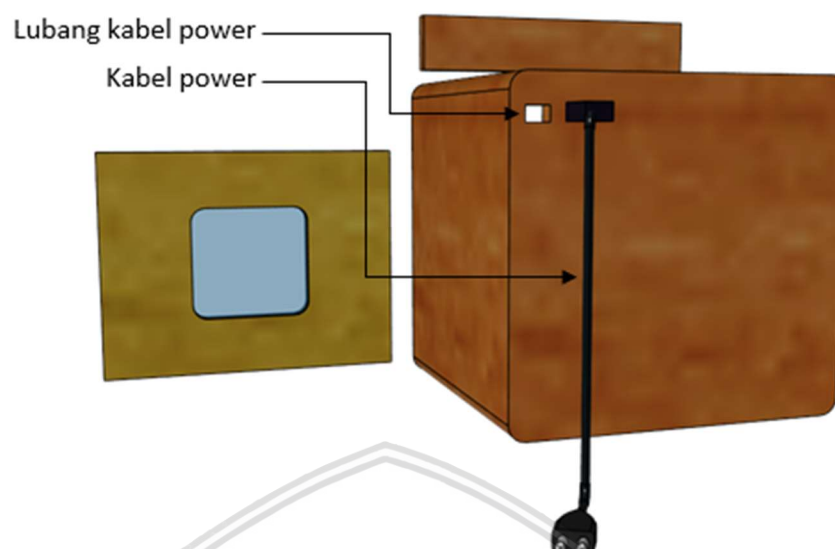


Gambar 5.1 Bagian pada *box* sistem penetas telur

Gambar 5.1 diatas merupakan gambar perancangan 3 dimensi *box* sistem penetas telur yang terlihat dari bagian depan . dimana pada gambar tersebut terdapat beberapa bagian komponen yang terdapat didalamnya, dengan penjelasan mengenai detail dari masing-masing bagian seperti pada tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Penjelasan bagian *box* sistem penetas telur

Nama Bagian	Material	Keterangan
<i>Box</i>	Papan Multipleks 10mm	Panjang 55cm, Lebar 55cm, Tinggi 60cm.
Penutup ruang panel mikrokontroler	Papan Multipleks 10mm	Panjang 53cm, lebar 15cm
Panel <i>LCD</i> dan tombol <i>power</i>	Papan akrilik 3mm	Panjang 12cm, lebar 12cm diletakkan di tengah-tengah penutup ruang panel mikrokontroler
Pintu	Papan Multipleks 10mm	Panjang 53cm, lebar 45cm
Jendela pintu	Papan akrilik 3mm	Panjang 20cm, lebar 20cm diletakkan di tengah-tengah daun pintu.
Gagang pintu	kayu	Jarak atas dan bawah 22.5cm, jarak samping 3.5cm dan 49,5cm. Detail peletakan seperti yang terlihat pada gambar.
Lampu Pijar	-	Jarak dari alas bawah 35cm, jarak dari samping kanan dan kiri tengah-tengah. Detail peletakan seperti yang terlihat pada gambar.
<i>Humidifier</i>	-	Jarak dari alas bawah 25cm, jarak samping kanan dan kiri tengah-tengah. Detail peletakan seperti yang terlihat pada gambar.
Sensor <i>DHT11</i>	-	Jarak dari alas atas 15 cm, jarak samping kanan dan kiri tengah tengah. Detail peletakan seperti yang terlihat pada gambar.
Sensor pintu	Tembaga	Jarak dari alas atas dan alas bawah tengah-tengah. Detail peletakan seperti yang terlihat pada gambar.



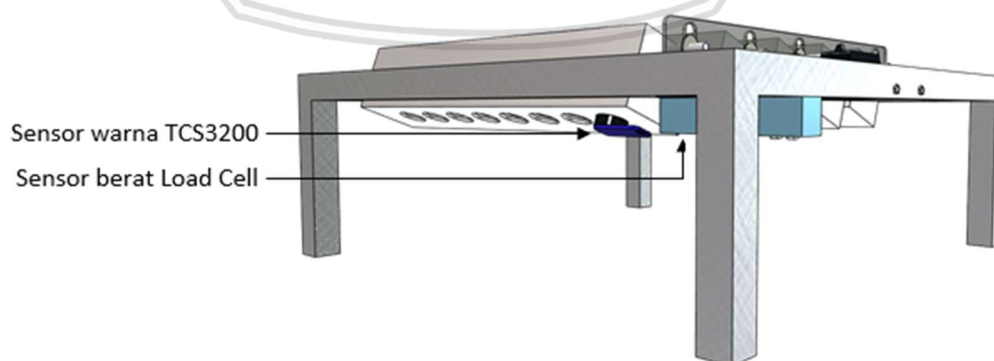
Gambar 5.2 Bagian belakang *box* sistem penetas telur

Gambar 5.2 diatas merupakan gambar perancangan 3 dimensi *box* sistem penetas telur yang terlihat dari bagian belakang. dimana pada gambar tersebut terdapat beberapa bagian terpisah, dengan penjelasan mengenai detail dari masing-masing bagian seperti pada tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Penjelasan bagian belakang *box* sistem penetas telur

Nama Bagian	Material	Keterangan
Lubang kabel <i>power</i>	-	Panjang 5cm, lebar 2,5cm, jarak samping 10cm jarak atas 8cm
Kabel <i>power</i>	-	Menyesuaikan

5.1.1.2 Perancangan mekanik bagian rak telur sistem penetas telur

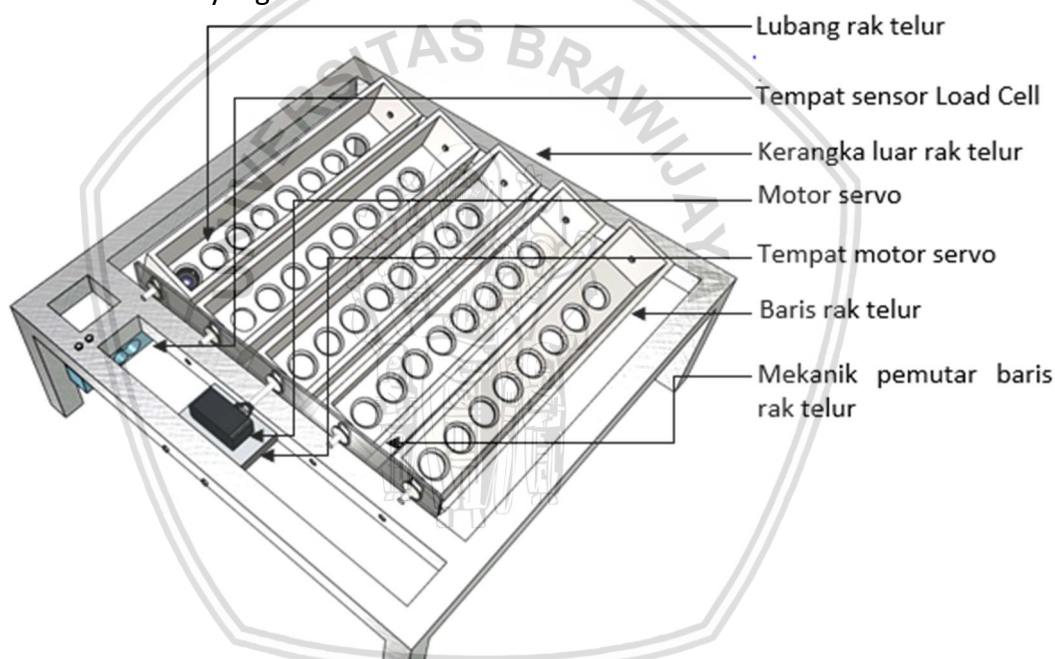


Gambar 5.3 Bagian sensor rak sistem penetas telur

Gambar 5.3 diatas merupakan gambar perancangan 3 dimensi rak telur yang terlihat terlihat dari bagian samping bawah. dimana pada gambar tersebut terdapat beberapa bagian komponen yang digunakan, dengan penjelasan mengenai detail dari masing-masing bagian seperti berikut ini.

Sensor warna ditempatkan pada permukaan lubang tempat telur yang akan digunakan untuk mendeteksi warna dari telur, mekanisme kerja dari sensor ini yaitu ketika lubang tempat telur diisi oleh telur maka permukaan sensor dan permukaan kulit telur akan saling berhadapan sehingga sensor mampu untuk mengenali perbedaan warna pada kulit telur yang diletakkan.

Sensor *load cell* diletakkan pada kerangka rak telur dengan cara membautkan salah satu sisinya ke kerangka rak telur dan kemudian menjadikan salah satu sisi yang lainnya menjadi tumpuan dari baris rak telur yang akan dideteksi nilai beratnya, mekanisme kerja dari sensor ini yaitu, ketika baris rak telur yang terhubung dengan sensor diisi oleh beberapa butir telur, maka sensor akan mengalami peregangan yang diakibatkan oleh perubahan berat pada sisi yang terhubung dengan baris rak telur, nilai perubahan regangan tersebut kemudian dikonversi oleh sensor ke nilai resistansi, kemudian nilai resistansi tersebut digunakan oleh mikrokontroler untuk melakukan perhitungan sehingga bisa menentukan berat yang diterima oleh sensor.



Gambar 5.4 Bagian mekanik rak sistem penetas telur

Gambar 5.4 diatas merupakan gambar perancangan 3 dimensi rak telur yang terlihat terlihat dari bagian atas. dimana pada gambar tersebut terdapat beberapa bagian komponen yang digunakan, dengan penjelasan mengenai detail dari masing-masing bagian seperti berikut ini.

Lubang rak telur dirancang dengan diameter lubang sebesar 2cm, sehingga bisa digunakan untuk ketiga jenis telur yang digunakan pada penelitian ini, kemudian jarak antar lubang rak telur adalah 2cm dan jarak antara lubang dengan masing masing batas ujung rak telur sebesar 2,5cm. Tujuan pemberian lubang pada rak telur adalah agar telur yang diletakkan bisa berdiri secara seimbang pada rak telur ketika dibolak balik.

Tempat sensor *load cell* atauudukan sensor *load cell* ini dirancang agar penempatan sensor *load cell* bisa berada pada posisi yang pas dan sesuai keinginan tanpa mempengaruhi sensitifitas atau kinerja dari sensor *load cell* itu sendiri. Jarak penempatan sensor *load cell* dari sisi samping kanan dan kiri adalah 7cm dan 38cm, bahan yang digunakan yaitu stainlees sama dengan bahan yang digunakan untuk membuat kerangka luar rak telur.

Kerangka rak telur didesain dengan mengikuti ukuran *box* dan kebutuhan penempatan komponen-komponen lain yang digunakan pada rak telur. Bahan yang dipakai untuk membuat kerangka rak telur ini yaitu stainlees yang disatukan antara bagian satu dengan yang lainnya menggunakan mur. Untuk detail ukuran yang digunakan pada pembuatan kerangka rak telur pada penelitian ini yaitu panjang = 45cm, lebar = 45cm, tinggi = 19cm.

Motor *servo* digunakan untuk memutar-mutar baris rak telur pada sistem penetas telur, peletakan motor *servo* diletakkan ditengah-tengah baris rak telur agar beban yang diterima oleh motor *servo* seimbang saat memutar baris rak telur pada sisi satu ke sisi yang lainnya. Tuas lengan pada motor *servo* dihubungkan dengan pengait yang terdapat pada baris rak telur yang berada di posisi paling tengah, untuk daerah putar motor *servo* ini adalah antara 45 – 180 derajat.

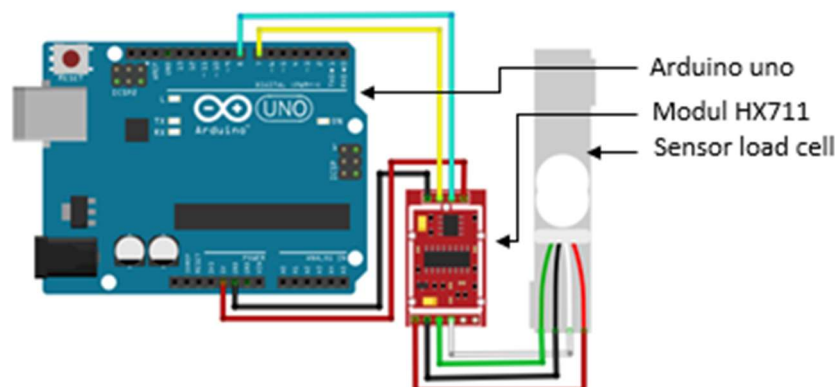
Tempat motor *servo* atauudukan motor *servo* dirancang agar motor *servo* bisa diletakkan secara tepat dan sesuai keinginan, bahan material yang digunakan hanyalah potongan kayu yang dibaut sehingga menempel kuat dengan rangka rak telur.

Baris rak telur pada penelitian ini dibuat dengan memanfaatkan penutup kabel listrik yang berbahan dasar *PVC*, selain karena ukurannya yang sesuai dengan kebutuhan, pemilihan material ini juga dikarenakan bahannya yang ringan, sehingga nantinya bisa sedikit mengurangi beban berat yang diterima oleh motor *servo*. Ukuran perancangan dari baris rak telur ini yaitu menggunakan ukuran panjang sebesar 35cm dan lebar serta tingginya sebesar 5cm. Untuk kapasitasnya sendiri, dalam satu baris rak telur mampu menampung 7 butir telur untuk telur ayam atau telur bebek, dan 13 butir telur untuk telur puyuh.

Mekanik pemutar baris rak telur dirancang untuk menggerakkan keseluruhan baris secara bersama-sama sesuai dengan arah sudut yang dituju oleh motor *servo*, matrial yang dipakai untuk membuat mekanik pemutar baris rak telur ini adalah akrilik 3mm, pemilihan bahan akrilik 3mm dikarenakan bahan ini dinilai cukup kuat dan juga ringan, sehingga bisa untuk diterapkan sebagai mekanik pemutar baris rak telur. Untuk ukuran dari perancangannya sendiri yaitu panjang 35cm x 4cm dan ukuran lubang sambungan ke baris rak telur 3cm x 0,5cm dengan jarak antara masing masing lubang 7cm.

5.1.1.3 Perancangan rangkaian sensor *load cell*

Sensor *load cell* merupakan salah satu sensor yang digunakan dalam penelitian ini, Sensor *load cell* yang digunakan memiliki kapasitas berat maksimal 5kg, dengan perancangan rangkaian sebagai berikut.



Gambar 5.5 Rangkaian sensor *load cell* dan *arduino uno*

Pada gambar 5.5 tersebut digunakan satu buah *sensor load cell*, sensor tersebut dihubungkan ke *arduino uno* r3. *Sensor load cell* digunakan untuk melakukan akuisisi data berupa berat dari telur yang diletakkan didalam rak tetas. *sensor load cell* memiliki 4 buah pin yaitu, E+ yang diwakili dengan warna kabel merah, E- yang diwakili dengan warna kabel hitam, A- yang diwakili dengan warna kabel putih, dan A+ yang diwakili dengan warna kabel hijau.

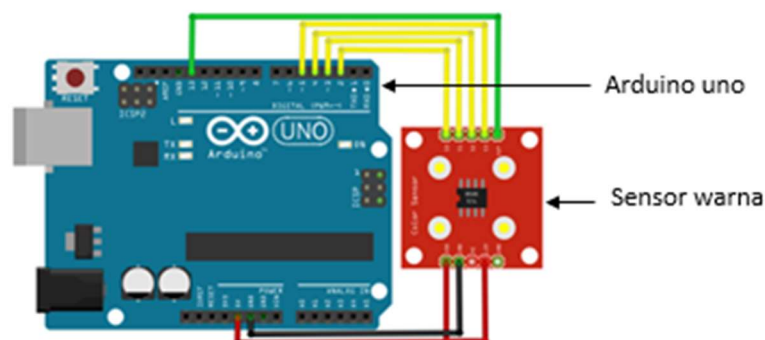
Tabel 5.3 Keterangan pin sensor *load cell* dan *arduino uno*

Pin Sensor <i>Load Cell</i>	HX711 IN	HX711 OUT	Pin Arduino <i>Uno</i>
E+	E+	VCC	5V
E-	E-	DT	7
A-	A-	SCK	8
A+	A+	GND	GND

Pada tabel 5.3 dijelaskan pin yang digunakan untuk menghubungkan *arduino* dengan *sensor load cell*, pin E+ pada *sensor load cell* dihubungkan dengan pin E+ pada HX711 IN kemudian pin VCC pada HX711 OUT dihubungkan dengan pin VCC pada *Arduino Uno*, pin E- pada *sensor load cell* dihubungkan dengan pin E- pada HX711 IN kemudian pin DT pada HX711 OUT dihubungkan dengan pin 7 pada *arduino uno*, pin A- pada *sensor* dihubungkan dengan pin A- pada HX711 IN kemudian pin SCK pada HX711 OUT dihubungkan dengan pin 8 pada *arduino uno*, dan pin A+ pada *sensor load cell* dihubungkan dengan pin A+ pada HX711 IN kemudian pin GND pada HX711 OUT dihubungkan dengan pin GND pada *arduino uno*.

5.1.1.4 Perancangan rangkaian sensor warna *TCS3200*

Sensor warna *TCS 3200* merupakan sensor yang digunakan dalam penelitian ini yang memiliki fungsi untuk melakukan akuisisi data warna telur, yang nanti data tersebut akan digunakan pada perhitungan *fuzzy* untuk mengklasifikasikan jenis telur, berikut adalah skema rangkaian sensor warna *TCS 3200* dengan *arduino*.



Gambar 5.6 Rangkaian sensor warna TCS3200 dan arduino uno

Selain menggunakan sensor *load cell*, pendeteksian jenis telur pada penelitian ini juga dilakukan dengan menggunakan sensor warna. Sensor warna berfungsi untuk mengakuisisi data warna dari masing-masing jenis telur sehingga jenis telur bisa dikenali oleh sistem. Pada sensor warna terdapat 8 pin, yaitu : VCC, GND, S0, S1, S2, S3, OUT dan LED.

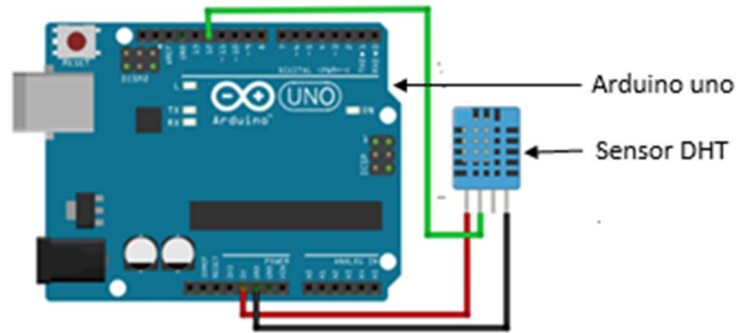
Tabel 5.4 Keterangan pin sensor warna TCS 3200 dan arduino uno

Pin Sensor Warna TCS 3200	Pin Arduino Uno
VCC	5V
GND	GND
S0	2
S1	3
S2	4
S3	5
OUT	13
LED	5V

Pada tabel 5.4 diatas dijelaskan pin yang digunakan untuk menghubungkan *arduino* dengan sensor warna TCS 3200. Pin VCC pada sensor warna TCS 3200 dihubungkan dengan pin 5V pada *arduino*, pin GND pada sensor warna TCS 3200 dihubungkan dengan pin GND pada *arduino*, pin S0 pada sensor warna TCS 3200 dihubungkan dengan pin 2 pada *arduino*, pin S1 pada sensor warna TCS 3200 dihubungkan dengan pin 3 pada *arduino*, pin S2 pada sensor warna TCS 3200 dihubungkan dengan pin 4 pada *arduino*, pin S3 pada sensor warna TCS 3200 dihubungkan dengan pin 5 pada *arduino*, pin OUT pada sensor warna TCS 3200 dihubungkan dengan pin 13 pada *arduino*, pin LED pada sensor warna TCS 3200 dihubungkan dengan pin 5V pada *arduino*.

5.1.1.5 Perancangan rangkaian sensor DHT11

Untuk melakukan akuisisi data suhu dan juga kelembaban, pada penelitian ini menggunakan sensor DHT11 sebanyak 1 unit dengan perancangan rangkaian sebagai berikut.



Gambar 5.7 Rangkaian sensor *DHT11* dan *Arduino Uno*

Pada gambar 5.7 diatas terdapat satu unit sensor *DHT11*, sensor tersebut kemudian dihubungkan dengan *arduino uno*. Sensor *DHT11* digunakan untuk melakukan akuisisi data suhu dan kelembaban didalam sistem penetas telur sehingga suhu dan kelembaban didalam sistem penetas telur nantinya bisa dikontrol agar tetap berada pada kondisi Ideal untuk masing-masing jenis telur.

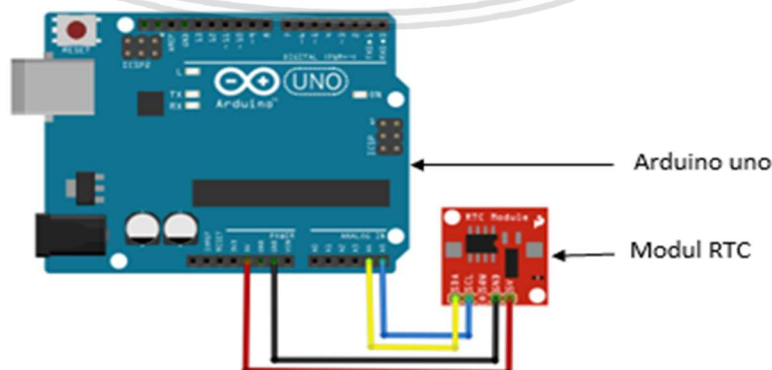
Tabel 5.5 Keterangan pin sensor *DHT11* dan *Arduino Uno*

Pin <i>DHT11</i>	Pin <i>Arduino Uno</i>
VCC	5V
Data	12
GND	GND

Pada tabel 5.5 diatas dijelaskan pin yang digunakan untuk menghubungkan *arduino* dengan sensor *DHT11*, yaitu : pin VCC pada *DHT11* dihubungkan dengan pin 5V pada *arduino*, pin data pada *DHT11* dihubungkan dengan pin 12 pada *arduino*, pin GND pada *DHT11* dihubungkan dengan pin GND pada *arduino*.

5.1.1.6 Perancangan rangkaian *RTC (Real Time Clock)*

Untuk melakukan perhitungan waktu operasi sistem pada saat penetasan telur, pada penelitian ini digunakan modul *RTC* sebanyak 1 unit dengan perancangan rangkaian sebagai berikut.



Gambar 5.8 Rangkaian modul *RTC* dan *arduino uno*

Gambar 5.8 diatas merupakan gambar perancangan rangkaian antara modul *RTC (Real Time Clock)* dengan *arduino uno*. Modul *RTC* digunakan untuk mengitung waktu selama proses penetasan telur.

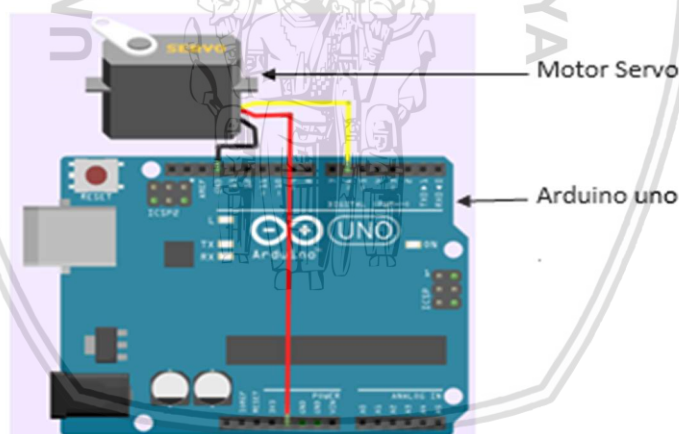
Tabel 5.6 Keterangan pin modul *RTC* dan *arduino uno*

Pin <i>RTC</i>	Pin <i>Arduino Uno</i>
<i>VCC</i>	5V
<i>GND</i>	<i>GND</i>
<i>SDA</i>	A4
<i>SCL</i>	A5

Pada tabel 5.6 diatas dijelaskan pin yang digunakan untuk menghubungkan *arduino* dengan modul *RTC*, yaitu pin *VCC* pada *RTC* dihubungkan dengan pin 5V pada *arduino*, pin *GND* pada *RTC* dihubungkan dengan pin *GND* pada *arduino*, pin *SDA* pada *RTC* dihubungkan pada pin A4 pada *arduino*, dan pin *SCL* pada *RTC* dihubungkan dengan pin A5 pada *arduino*.

5.1.1.7 Perancangan rangkaian motor servo

Salah satu aktuator yang digunakan pada sistem ini adalah motor servo dimana fungsi dari motor servo ini nantinya akan digunakan untuk memutar-mutar rak telur setiap 4 jam sekali selama masa *incubasi*, tujuannya yaitu agar telur yang akan ditetaskan mendapatkan panas yang merata pada semua sisi permukaannya. Berikut adalah skema rangkaian *Arduino* dengan motor servo.

**Gambar 5.9 Rangkaian motor servo dan *arduino uno***

Gambar 5.9 diatas merupakan gambar rangkaian *arduino* dengan motor servo. Sebuah motor servo terdiri dari 3 pin, yaitu *GND*, *VCC*, dan kontrol (PWM). Pin kontrol penggunaannya disesuaikan dengan pin PWM yang terdapat pada *arduino uno*.

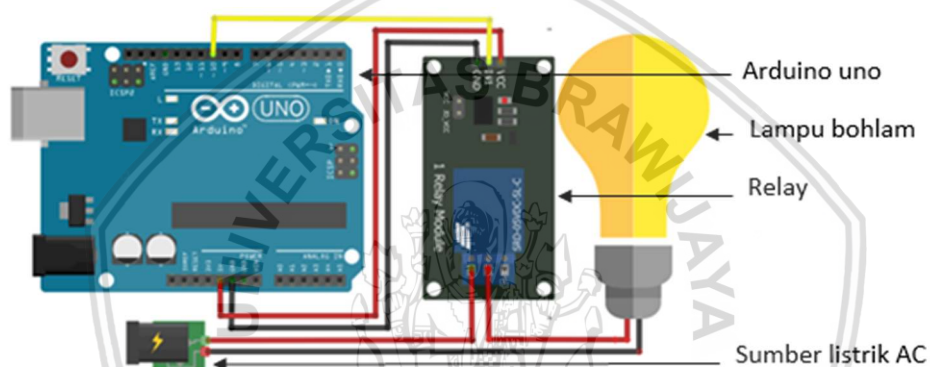
Tabel 5.7 Keterangan pin motor servo dan *arduino uno*

Pin Motor Servo	Pin <i>Arduino Uno</i>
<i>VCC</i>	5V
<i>GND</i>	<i>GND</i>
Data	6

Pada tabel 5.7 diatas menjelaskan pin yang digunakan untuk menghubungkan motor *servo* dengan *arduino uno* R3. Pin *VCC* yang terdapat pada motor *servo* dihubungkan dengan pin 5V pada *arduino*, pin kontrol yang terdapat pada motor *servo* dihubungkan dengan pin 6 yang terdapat pada *arduino*, dan pin *GND* pada motor *servo* dihubungkan dengan pin *GND* pada *arduino*.

5.1.1.8 Perancangan rangkaian lampu pemanas

Lampu pemanas merupakan salah satu aktuator yang sangat penting didalam sistem ini, dimana lampu pemanas ini memiliki fungsi untuk menjaga tingkat suhu udara didalam ruangan sistem penetas telur. Lampu pemanas yang digunakan merupakan lampu yang menggunakan tegangan listrik AC untuk menyalakannya, sehingga dibutuhkan *relay* sebagai perantara untuk bisa terhubung dengan *arduino*. Berikut adalah skema rangkaian antara lampu pemanas, *relay* dan *arduino Uno*.



Gambar 5.10 Rangkaian *relay* lampu pijar dan *arduino*

Gambar 5.10 diatas merupakan gambar rangkaian *arduino* dengan *relay* dan lampu pijar. Sebuah modul *relay* terdiri dari 3 pin, yaitu *GND*, *VCC*, dan data. Sakelar *relay* merupakan modul yang bersifat aktif *low*.

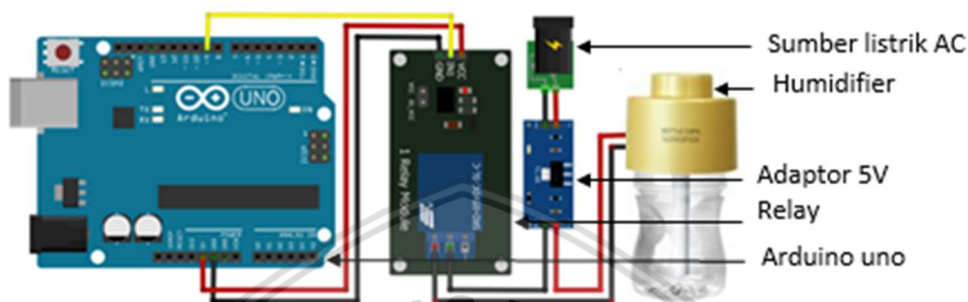
Tabel 5.8 Keterangan pin *relay* lampu pijar dan *arduino uno*

Pin Relay	Pin Arduino Uno
VCC	5V
Data	10
GND	GND

Pada tabel 5.8 diatas menjelaskan pin yang digunakan untuk menghubungkan *relay* dengan *arduino uno* R3. Pin *VCC* yang terdapat pada *relay* dihubungkan dengan pin 5V pada *arduino*, pin data yang terdapat pada *relay* dihubungkan dengan pin 10 yang terdapat pada *arduino*, dan pin *GND* pada *relay* dihubungkan dengan pin *GND* pada *arduino*.

5.1.1.9 Perancangan rangkaian *humidifier*

Sama halnya dengan lampu pemanas, *humidifier* juga merupakan aktuator yang memiliki peran penting pada sistem yang dibangun, dimana *humidifier* sendiri berfungsi untuk menambah tingkat kelembaban udara, sehingga akan sangat tepat apabila diterapkan untuk mengontrol tingkat kelembaban udara didalam ruangan sistem penetas telur. Berikut adalah skema rangkaian antara *humidifier* dengan *power adaptor*, *relay* dan *arduino uno*.



Gambar 5.11 Rangkaian *relay humidifier* dan *arduino uno*

Gambar 5.11 diatas merupakan gambar rangkaian *arduino* dengan *relay*, *adaptor* dan *humidifier*. Sebuah modul *relay* terdiri dari 3 pin, yaitu *GND*, *VCC*, dan data. Sakelar *relay* merupakan modul yang bersifat aktif low.

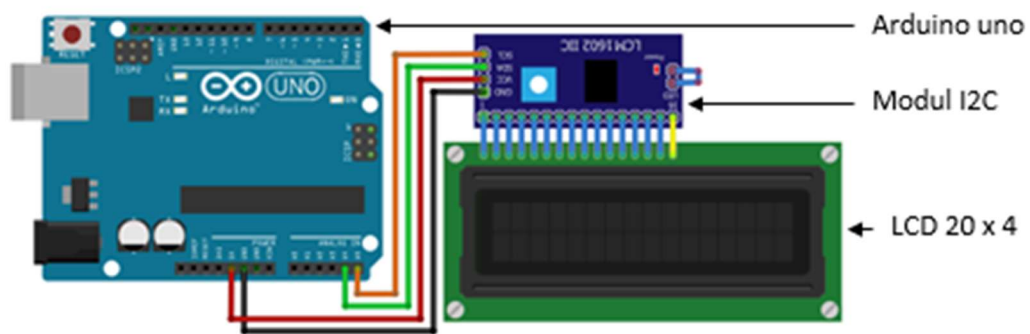
Tabel 5.9 Keterangan pin *relay humidifier* dan *arduino uno*

Pin Relay	Pin Arduino Uno
VCC	5V
Data	9
GND	GND

Pada tabel 5.9 diatas menjelaskan pin yang digunakan untuk menghubungkan *relay* dengan *arduino uno* R3. Pin *VCC* yang terdapat pada *relay* dihubungkan dengan pin 5V pada *arduino*, pin data yang terdapat pada *relay* dihubungkan dengan pin 10 yang terdapat pada *arduino*, dan pin *GND* pada *relay* dihubungkan dengan pin *GND* pada *arduino*.

5.1.1.10 Perancangan rangkaian *LCD dot matrix 20x4*

Penggunaan *LCD 20 x 4* pada sistem ini bertujuan untuk menampilkan data nilai yang dibutuhkan selama pengoperasian sistem sedang berlangsung, sehingga *operator* bisa dengan mudah mengawasi jalannya sistem selama proses tersebut. Berikut adalah skema rangkaian antara *LCD 20 x 4* dengan *i2c* dan *arduino uno*.



Gambar 5.12 Rangkaian LCD dan arduino uno

Gambar 5.12 diatas merupakan gambar rangkaian *arduino* dengan *I2C LCD* 20x4. Modul *i2c* terdiri dari 4 buah pin, yaitu *GND*, *VCC*, *SCL* dan *SDA*. *I2C* merupakan modul yang digunakan sebagai interface komunikasi antara *LCD* dengan *arduino*.

Tabel 5.10 Keterangan pin I2C LCD dan arduino uno

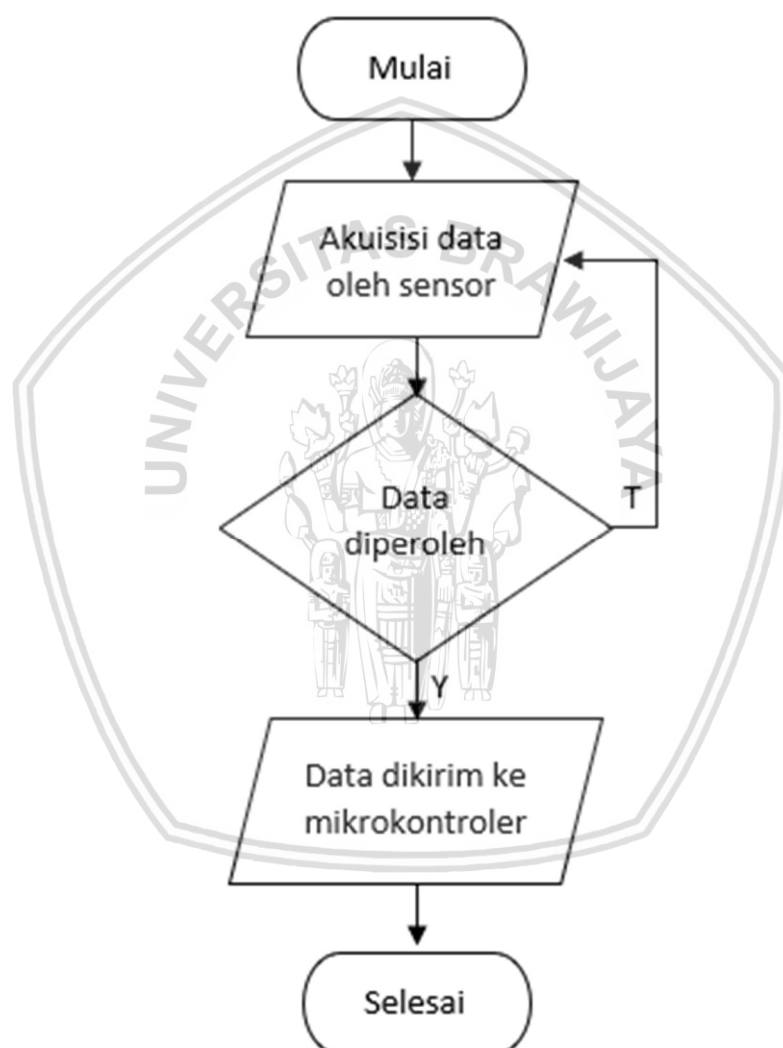
Pin <i>LCD</i>	Pin Output <i>I2C</i>	Pin Input <i>I2C</i>	Pin <i>Arduino</i> <i>Uno</i>
1	1	<i>GND</i>	<i>GND</i>
2	2	<i>VCC</i>	5V
3	3	<i>SDA</i>	A4
4	4	<i>SCL</i>	A5
5	5		
6	6		
7	7		
8	8		
9	9		
10	10		
11	11		
12	12		
13	13		
14	14		
15	15		
16	LED		

Pada tabel 5.10 diatas menjelaskan pin yang digunakan untuk menghubungkan *LCD* 20x4 dengan *I2C* dan *arduino uno* R3. Pada *LCD* terdapat 16 buah pin yang dihubungkan dengan *I2C* dengan urutan pin LED pada *I2C* dihubungkan dengan pin

ke 16 pada *LCD*. Kemudian terdapat 4 buah pin yang digunakan untuk menghubungkan *I2C* dengan *arduino uno*, yaitu pin *GND* dihubungkan dengan pin *GND* pada *arduino*, pin *VCC* dihubungkan dengan pin 5V pada *arduino*, pin *SDA* dihubungkan dengan pin A4 pada *arduino*, pin *SCL* dihubungkan dengan pin A5 pada *arduino*.

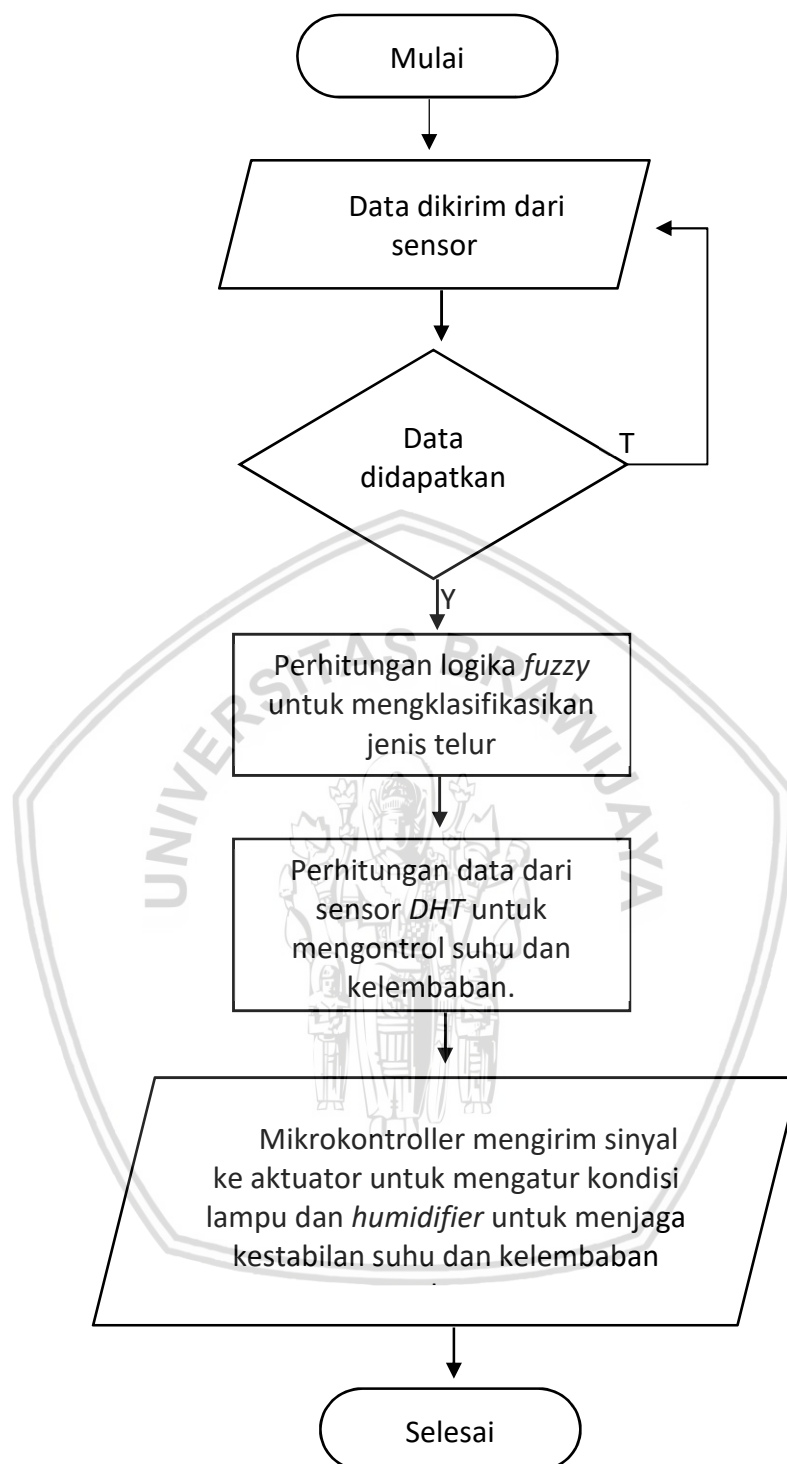
5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak

Sistem ini dibagi menjadi 3 blok utama sistem yaitu blok sensor, blok mikrokontroler yang sekaligus menjadi pengendali utama sistem, dan blok aktuator. Urutan kerja sistem dapat dilihat pada diagram alir berikut.



Gambar 5.13 Diagram alir akuisisi data yang dilakukan oleh sensor

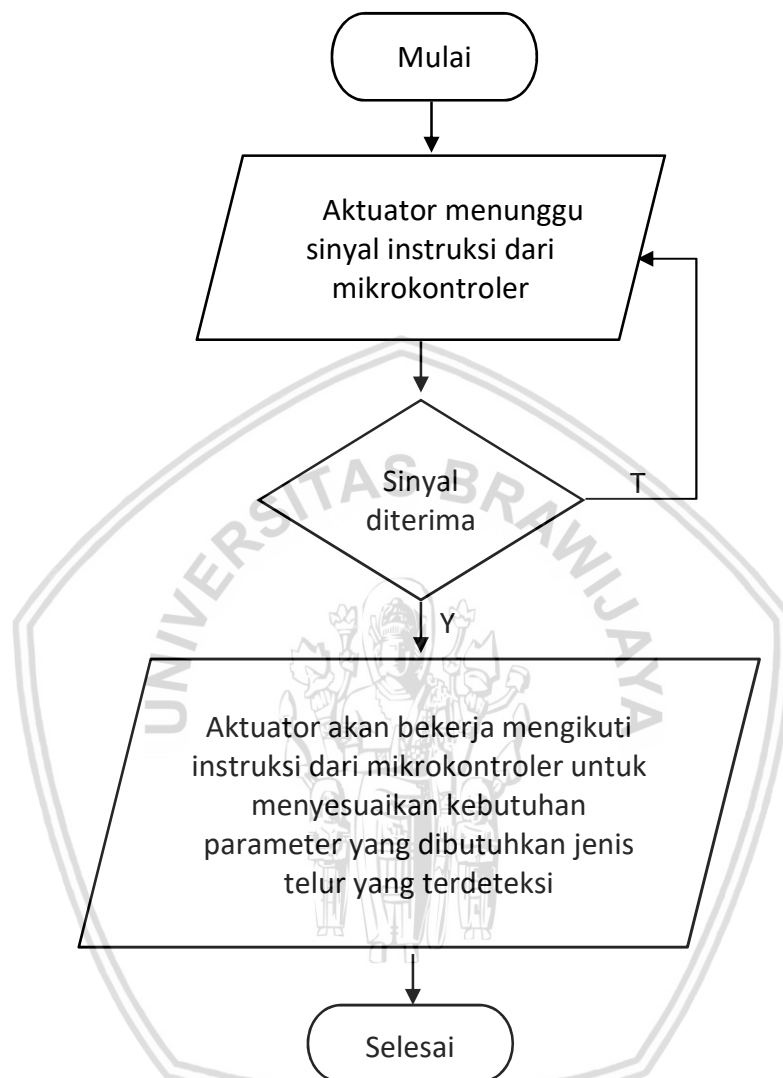
Gambar 5.13 merupakan diagram alir akuisisi data yang dilakukan oleh sensor yang digunakan pada sistem ini yaitu *sensor load cell*, sensor warna dan sensor *DHT*. Sensor akan melakukan akuisisi data, apabila data didapatkan, maka data akan dikirimkan ke mikrokontroler, apabila data tidak didapatkan, maka proses akan kembali ke sensor melakukan akuisisi data.



Gambar 5.14 Diagram alir pengendali pada mikrokontroler

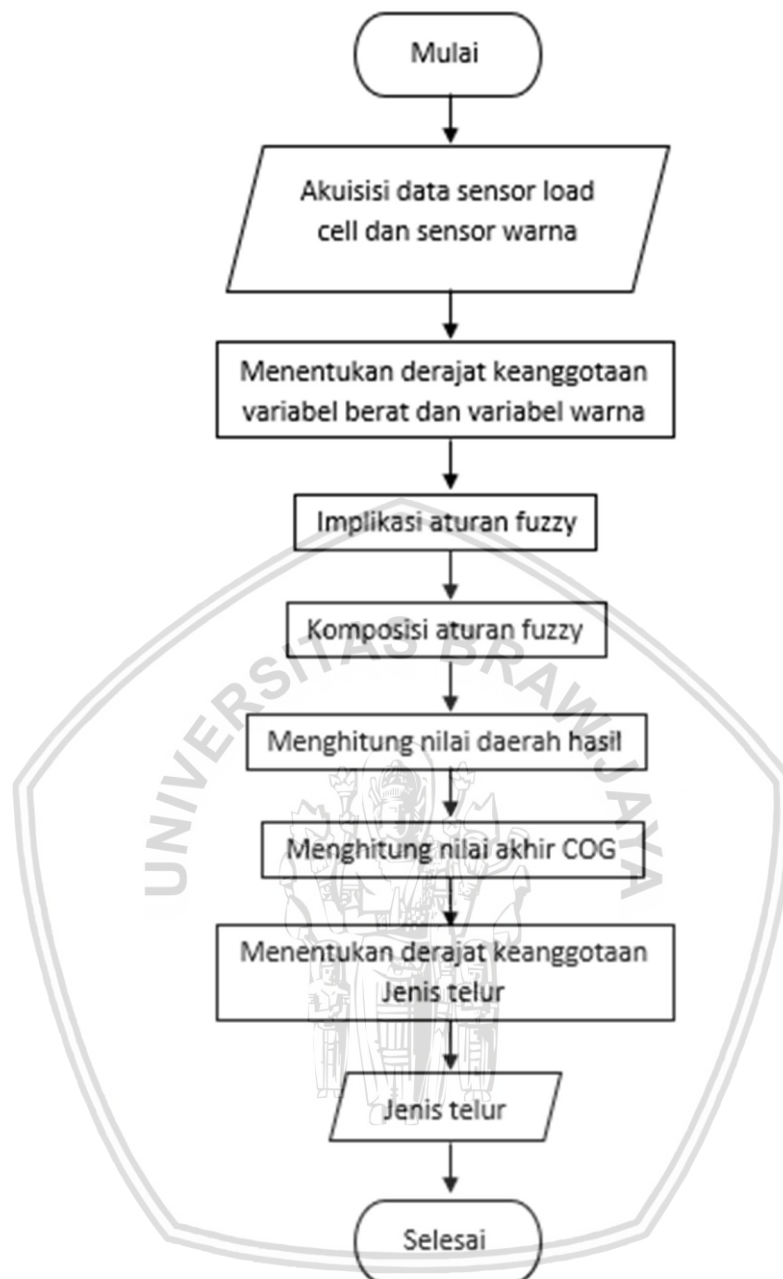
Pada gambar 5.14 merupakan diagram alir pengendali pada mikrokontroler, proses dimulai dengan data hasil akuisisi oleh sensor didapatkan atau tidak oleh mikrokontroler, apabila data tidak didapatkan, maka proses akan diulangi lagi yaitu mikrokontroler menunggu data didapatkan dari sensor, setelah data didapatkan, maka data hasil akuisisi tersebut akan diolah oleh mikrokontroler dengan melakukan perhitungan logika *fuzzy* untuk mendapatkan nilai keanggotaan jenis telur yang diletakkan, Dari nilai keanggotaan jenis telur tersbut

nantinya kita bisa menentukan *output* suhu dan kelembaban yang dibutuhkan untuk jenis telur yang terdeteksi. Selanjutnya mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke aktuator untuk mengatur kondisi suhu dan kelembaban sesuai dengan kebutuhan jenis telur yang terdeteksi.



Gambar 5.15 Diagram alir proses kerja aktuator

Gambar 5.15 merupakan gambar diagram alir proses yang dilakukan aktuator, proses diawali dengan lampu dan *humidifier* dalam kondisi *idle* siap menerima sinyal instruksi dari mikrokontroler, kemudian apabila sinyal sudah diterima dari mikrokontroler maka aktuator akan bekerja sesuai instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler untuk menyesuaikan kondisi parameter yang dibutuhkan oleh jenis telur yang terdeteksi. Lampu akan menyala apabila suhu kurang dari nilai perhitungan yang ditentukan untuk tiap jenis telur, dan kemudian lampu akan kembali *stanby* apabila suhu sudah melebihi nilai perhitungan yang telah ditentukan untuk masing-masing jenis telur. Dan juga *humidifier* akan menyala jika nilai kelembaban kurang dari yang ditentukan, dan *humidifier* akan kembali *idle* apabila nilai kelembaban telah melebihi nilai yang ditentukan.

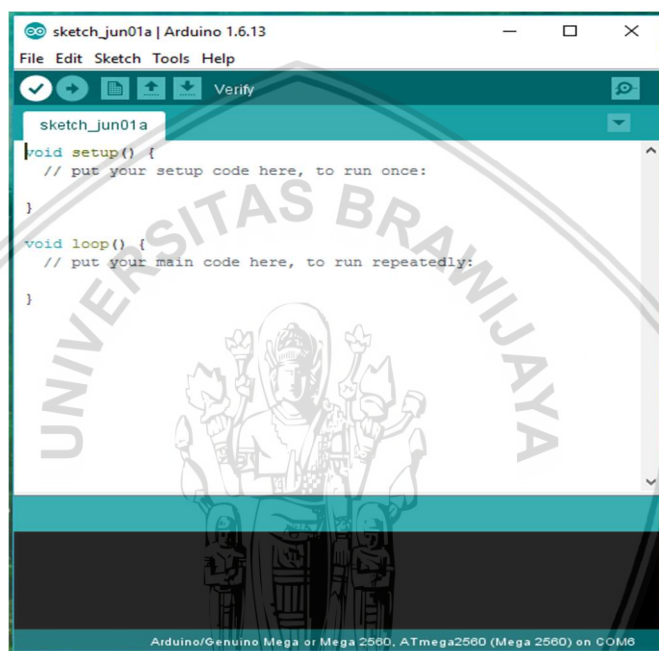


Gambar 5.16 Diagram alir proses logika fuzzy

Gambar 5.16 Merupakan diagram proses kerja logika fuzzy. Proses perhitungan logika fuzzy diawali dengan akuisisi data sensor berupa nilai berat dan warna telur, kemudian nilai hasil akuisisi tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan untuk mencari derajat keanggotaan variabel berat telur dan juga nilai keanggotaan variabel warna telur. Setelah nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing variabel diperoleh, kemudian nilai yang diperoleh tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimum berdasarkan aturan fuzzy yang digunakan, setelah selesai pada perhitungan implikasi kemudian dilanjutkan pada perhitungan komposisi aturan untuk mencari nilai maksimum berdasarkan pada nilai yang diperoleh dari hasil implikasi. Tahap selanjutnya adalah menggunakan nilai yang diperoleh dari perhitungan komposisi aturan

untuk menentukan nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur. Setelah nilai daerah hasil diketahui, kemudian dilanjutkan pada perhitungan nilai *COG* atau nilai akhir berdasarkan nilai daerah hasil tersebut. Setelah nilai *COG* diketahui maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai derajat keanggotaan jenis telur menggunakan nilai *COG* yang didapat. Setelah nilai derajat keanggotaan jenis telur diketahui maka kemudian baru bisa ditentukan jenis telur yang terdeteksi.

Perangkat lunak pendukung yang digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah *arduino IDE*, *arduino IDE* merupakan aplikasi yang digunakan untuk membuat kode program, kemudian kode program ini akan di *upload* ke mikrontroler.



Gambar 5.17 Tampilan Arduino IDE

Gambar 5.17 merupakan gambar *sketch* pada *arduino IDE* yang digunakan untuk mengetikkan kode program yang akan di *upload* pada mikrokontroler.

5.1.2.1 Perancangan logika fuzzy

Logika *fuzzy* pada sistem ini digunakan untuk menentukan jenis dari telur unggas. Parameter yang digunakan sebagai *input* pada logika *fuzzy* untuk menentukan jenis telur yaitu berdasarkan berat dan warna telur. Logika *fuzzy* yang digunakan adalah logika *fuzzy mamdani*. Pemilihan logika *fuzzy mamdani* karena logika *fuzzy mamdani* yang paling sesuai untuk digunakan dalam sistem pengklasifikasian jenis telur pada penelitian ini.

Proses perhitungan *fuzzy* diawali dengan pendefinisian variabel *input* dan *output* yang akan digunakan. Variabel *input* yang digunakan pada penelitian ini yang pertama adalah berat telur. Nilai keanggotaan untuk kategori berat telur diperoleh dari perhitungan nilai rata-rata data hasil pendeteksian sensor *load cell* untuk masing-masing jenis telur, yang kemudian nilai tersebut digunakan untuk mewakili nilai keanggotaan pada kategori berat telur yang telah ditentukan.

Tabel 5.11 Data nilai berat telur hasil pengukuran sensor

No	Berat Telur Ayam	Berat Telur Bebek	Berat Telur Puyuh
1	41	41	10,2
2	41	41	11
3	41	40,8	12,2
4	41,2	40,6	12,4
5	41,2	41	12
6	41	40,6	10,4
7	41	40,8	11
8	40,6	41	9
9	41	40,6	10,4
10	40,8	40,6	11
11	40,8	41	11
12	41	41	11
13	40,8	41,8	11
14	40,8	42,2	11
15	40,8	42	11
16	41,8	42	11
17	42	42	11
18	41,2	42	11
19	41,8	41,8	11
20	41,6	41,8	11

Tabel 5.11 diatas merupakan tabel data hasil pengukuran sensor *load cell* untuk masing-masing berat jenis telur. Dimana berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh hasil rata-rata nilai pada masing-masing jenis telur adalah, 41.12 untuk jenis telur ayam, 41.28 untuk jenis telur bebek dan 10.8 untuk jenis telur puyuh.

Tabel 5.12 Variabel berat telur

Linguistik	Numerik
Berat	Lebih dari 25
Sedang	10 – 40
Ringan	Kurang dari 25

Pada Tabel 5.12 diatas didapatkan data berat telur yang dikategorikan kedalam tiga kategori, yaitu berat, sedang dan ringan. Data tersebut didapat dari hasil

pengukuran berat ketiga jenis telur menggunakan sensor berat. Dimana data yang diperoleh memiliki nilai terbesar kurang lebih 40 yang kemudian nilai tersebut digunakan untuk kategori berat telur berat dan terkecil kurang lebih 10 yang digunakan sebagai nilai untuk kategori berat telur ringan sedangkan untuk nilai kategori berat telur sedang menggunakan nilai 25 dimana nilai tersebut diperoleh dari nilai tengah-tengah diantara nilai terbesar dan terkecil hasil pengukuran. Berdasarkan data tersebut maka kemudian dapat diolah untuk mengetahui derajat keanggotaan berat dari masing-masing jenis telur.

Berikut adalah cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan berdasarkan variabel linguistik dan variabel numerik berat telur.

$$\mu[x] \text{ Ringan} = \begin{cases} 1 & ; X < 10 \\ (25 - X) / (25 - 10) & ; 10 \leq X \leq 25 \\ 0 & ; X > 25 \end{cases} \quad (5.1)$$

$$\mu[x] \text{ Sedang} = \begin{cases} 0 & ; X < 10 \text{ atau } X > 40 \\ (X - 10) / (25 - 10) & ; 10 \leq X \leq 25 \\ (40 - X) / (40 - 25) & ; 25 < X \leq 40 \end{cases} \quad (5.2)$$

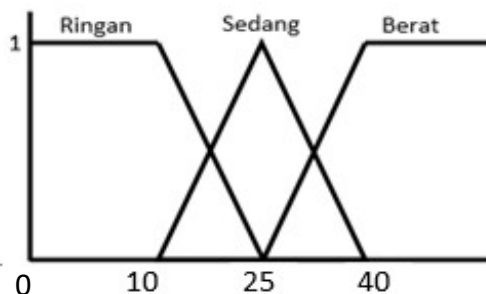
$$\mu[x] \text{ Berat} = \begin{cases} 0 & ; X < 25 \\ (X - 25) / (40 - 25) & ; 25 \leq X \leq 40 \\ 1 & ; X > 40 \end{cases} \quad (5.3)$$

Persamaan (5.1) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari sensor berat yang terdeteksi kurang dari 25 sehingga termasuk dalam kategori ringan.

Persamaan (5.2) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari sensor berat yang terdeteksi lebih besar dari 10 dan kurang dari 40 sehingga termasuk dalam kategori sedang.

Persamaan (5.3) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari sensor berat yang terdeteksi lebih dari 25 sehingga termasuk dalam kategori berat.

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* ringan, sedang dan berat dari variabel berat telur dengan batas nilai yang sesuai direpresentasikan pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Himpunan *fuzzy* dari variabel berat telur

Variabel *input* kedua yang digunakan adalah warna telur. Nilai untuk kategori warna telur diperoleh dari perhitungan nilai rata-rata data hasil pendeteksian sesor warna untuk masing-masing jenis telur, yang kemudian nilai tersebut

digunakan untuk mewakili nilai keanggotaan pada kategori warna telur yang telah ditentukan.

Tabel 5.13 Data nilai warna telur hasil pengukuran sensor

No	Warna Telur Ayam	Warna Telur Bebek	Warna Telur Puyuh
1	142,4	81	164,6
2	95	101,2	140
3	112,6	81,6	157,8
4	122	80,4	151,4
5	95,2	81	113,8
6	94	115,8	226,8
7	139,4	81,4	228
8	114	81	225,4
9	117,6	116,2	120,2
10	171,4	81	101,6
11	147,4	79,8	118,2
12	116,4	100,4	101
13	94,8	94,6	99,8
14	123,2	65	98,6
15	113,4	65	140
16	156,6	93,8	100,2
17	103	64,8	101
18	103,4	65	120,4
19	124,8	81,8	100
20	139	64,8	124,6

Tabel 5.13 diatas merupakan tabel data hasil pengukuran sensor warna untuk masing-masing warna dari jenis telur. Dimana berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh hasil rata-rata nilai pada masing-masing jenis telur adalah, 121.28 untuk jenis telur ayam, 83.78 untuk jenis telur bebek dan 136.67 untuk jenis telur puyuh.

Tabel 5.14 Variabel warna telur

Linguistik	Numerik
Terang	Lebih dari 108
Redup	80 – 136
Gelap	Kurang dari 108

Pada Tabel 5.14 diatas didapatkan data warna telur yang dikategorikan kedalam tiga kategori, yaitu terang, redup dan gelap. Data tersebut didapat dari hasil pengukuran warna ketiga jenis telur menggunakan sensor warna. Dimana data yang diperoleh memiliki nilai terbesar kurang lebih 136 yang kemudian nilai tersebut digunakan untuk kategori warna telur terang dan terkecil kurang lebih 80 yang digunakan sebagai nilai untuk kategori warna telur gelap sedangkan untuk nilai kategori warna telur redup menggunakan nilai 108 dimana nilai tersebut diperoleh dari nilai tengah-tengah diantara nilai terbesar dan terkecil hasil pengukuran. Berdasarkan data tersebut maka kemudian dapat diolah untuk mengetahui derajat keanggotaan warna dari masing-masing jenis telur.

Berikut adalah cara untuk mendapatkan nilai keanggotan berdasarkan variabel linguistik dan variabel numerik warna telur.

$$\mu[x] \text{ Gelap} = \begin{cases} 1 & ; X < 80 \\ (108 - X) / (108 - 80) & ; 80 \leq X \leq 108 \\ 0 & ; X > 108 \end{cases} \quad (5.4)$$

$$\mu[x] \text{ Redup} = \begin{cases} 0 & ; X < 80 \text{ atau } X > 136 \\ (X - 80) / (108 - 80) & ; 80 \leq X \leq 108 \\ (136 - X) / (136 - 108) & ; 108 < X \leq 136 \end{cases} \quad (5.5)$$

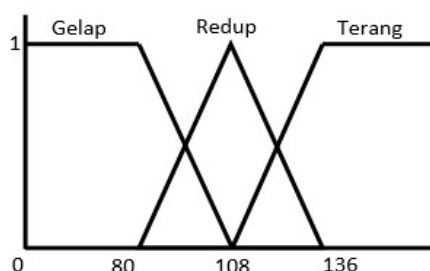
$$\mu[x] \text{ Terang} = \begin{cases} 0 & ; X < 108 \\ (X - 108) / (136 - 108) & ; 108 \leq X \leq 136 \\ 1 & ; X > 136 \end{cases} \quad (5.6)$$

Persamaan (5.4) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari sensor warna yang terdeteksi kurang dari 108 sehingga termasuk dalam kategori gelap.

Persamaan (5.5) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari sensor warna yang terdeteksi lebih besar dari 80 dan kurang dari 136 sehingga termasuk dalam kategori redup.

Persamaan (5.6) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari sensor warna yang terdeteksi lebih dari 108 sehingga termasuk dalam kategori terang.

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* gelap, redup dan terang dari variabel warna telur dengan batas nilai yang sesuai direpresentasikan pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Himpunan *fuzzy* dari variabel warna telur

Variabel *output* yang digunakan adalah jenis telur, nilai yang digunakan untuk merepresentasikan variabel jenis telur diperoleh dari asumsi nilai yang dipilih secara bebas dengan jarak interfal nilai yang sama antara variabel satu dengan yang lainnya. Berikut adalah nilai yang didefinisikan dalam bentuk linguistik maupun numerik untuk variabel jenis telur pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Variabel jenis telur

Linguistik	Numerik
Telur Ayam	60 – 120
Telur Bebek	0 – 60
Telur Puyuh	30 – 90

Tabel 5.15 merupakan tabel linguistik dan numerik dari variabel *output* jenis telur, yang dibagi ke dalam 3 kategori, yaitu telur ayam, telur puyuh dan telur bebek, dengan rentang nilai pada kolom numerik. Masing-masing kategori didalam tabel tersebut memiliki interval nilai numerik sebesar 60, dimana untuk kategori bebek dimulai dari nilai 0 sampai 60, kemudian untuk kategori puyuh dimulai dari nilai 30 sampai 90 dan untuk kategori ayam dimulai dari nilai 60 sampai 120.

Berikut adalah cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan berdasarkan variabel linguistik dan variabel numerik jenis telur.

$$\mu[x] \text{ Bebek} = \begin{cases} 0 & ; X < 0 \text{ atau } X > 60 \\ (60 - X) / (60 - 30) & ; 30 \leq X \leq 60 \\ 1 & ; X < 30 \text{ dan } X \leq 0 \end{cases} \quad (5.7)$$

$$\mu[x] \text{ Puyuh} = \begin{cases} 0 & ; X < 30 \text{ atau } X > 90 \\ (X - 30) / (60 - 30) & ; 30 \leq X \leq 60 \\ (90 - X) / (90 - 60) & ; 60 < X \leq 90 \end{cases} \quad (5.8)$$

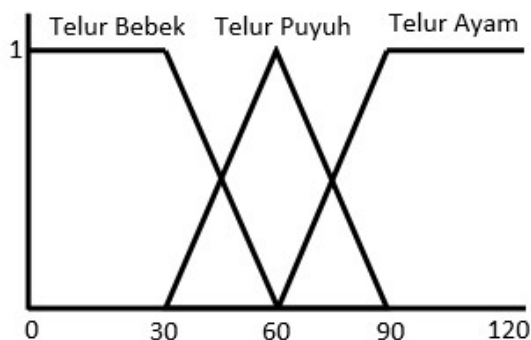
$$\mu[x] \text{ Ayam} = \begin{cases} 0 & ; X < 60 \text{ atau } X > 120 \\ (X - 60) / (90 - 60) & ; 60 \leq X \leq 90 \\ 1 & ; X > 90 \text{ dan } X \leq 120 \end{cases} \quad (5.9)$$

Persamaan (5.7) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari perhitungan *COG* kurang dari 60 dan lebih besar dari sama dengan 0 sehingga termasuk dalam kategori bebek.

Persamaan (5.8) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari perhitungan *COG* lebih dari 30 dan lebih kecil dari 90 sehingga termasuk dalam kategori puyuh.

Persamaan (5.7) diatas digunakan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan apabila nilai dari perhitungan *COG* lebih dari 60 dan kurang dari sama dengan 120 sehingga termasuk dalam kategori ayam.

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* Telur bebek, Telur puyuh, Telur ayam dari variabel jenis telur dipresentasikan pada gambar 5.20.



Gambar 5.20 Himpunan *fuzzy* dari variabel jenis telur

Setelah didefinisikan masing-masing variabel *input* dan *output* yang digunakan dalam penelitian ini, maka proses selanjutnya adalah membuat aturan berdasarkan variabel input yang telah dibuat sebelumnya. Aturan tersebut akan dijelaskan pada Tabel 5.16.

Warna Beratp			
	Gelap	Redup	Terang
Ringan	Telur Bebek3	Telur Puyuh2	Telur Puyuh1
Sedang	Telur Bebek1	Telur Ayam1	Telur Ayam4
Berat	Telur Bebek2	Telur Ayam2	Telur Ayam3

Tabel 5.16 Aturan *fuzzy*

Tabel 5.16 merupakan tabel aturan *fuzzy*, jumlah aturan yang terdapat pada tabel tersebut diperoleh dari hasil kombinasi seluruh *membership* yang terdapat pada variabel *input* berat telur dan juga warna telur. Kemudian dilakukan perhitungan logika *fuzzy* berdasarkan variabel *input* pada aturan tersebut sehingga bisa ditentukan *membership* dari variabel *output* jenis telur yang sesuai. Kemudian aturan *fuzzy* tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai daerah hasil dari masing-masing variabel *output* yang ada, yaitu telur bebek, telur puyuh dan juga telur ayam.

Daerah hasil didapat dengan cara melakukan implikasi aturan *fuzzy* yang memiliki keterkaitan dengan derajat keanggotaan *input* yang didapat dalam pengukuran dengan menggunakan fungsi min untuk menentukan nilai terkecil diantara kedua variabel *input* pada aturan tersebut, kemudian dilakukan proses komposisi menggunakan hasil yang diperoleh dari implikasi aturan sebelumnya menggunakan fungsi max untuk menentukan nilai terbesar antara dua aturan *fuzzy* yang memiliki *output* sama. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai akhir COG berdasarkan nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur yang diperoleh.

Perhitungan nilai COG dilakukan dengan menggunakan **Persamaan (2.1)**, yaitu dengan cara mengalikan nilai daerah hasil dengan hasil jumlah nilai keanggotaan *output* pada masing-masing jenis telur, yang kemudian dibagi dengan nilai hasil

perkalian daerah hasil dengan jumlah nilai kelipatan dari interval yang digunakan pada nilai keanggotaan *output* yang telah ditentukan. Contoh perhitungannya sebagai berikut.

$$COG = \frac{((0+10+20+30) \times A) + ((40+50+60) \times B) + (70+80+90+100+110+120) \times C}{(4 \times A) + (3 \times B) + (6 \times C)}$$

Dengan A untuk nilai daerah hasil telur bebek, B untuk nilai daerah hasil telur puyuh dan C untuk nilai daerah hasil telur ayam.

5.2 Implementasi Sitem

Setelah dilakukan proses perancangan sistem, tahapan selanjutnya dalam pembuatan sistem ini adalah dengan melakukan implementasi berdasarkan spesifikasi dan perilaku sistem yang telah ditentukan sebelumnya.

5.2.1 Implementasi Perangkat Keras

Pada tahapan implementasi perangkat keras ini dilakukan pembuatan sistem dengan mengacu pada perancangan perangkat keras yang telah ditentukan sebelumnya baik dari segi ukuran, desain, dan komponen yang digunakan diimplementasikan semirip mungkin dengan apa yang telah dirancang. Sesuai dengan perancangan yang telah ditentukan, *box* sistem penetas telur yang dibuat memiliki ukuran panjang 55cm, lebar 55cm dan tinggi 60cm dengan kapasitas telur ayam dan bebek kurang lebih 35 butir telur. Serta sensor yang digunakan untuk melakukan akuisisi data adalah sensor *load cell* dan sensor warna *TCS3200*, dengan jumlah masing-masing sebanyak 1 buah. Data hasil akuisisi oleh sensor kemudian dikirimkan ke mikrontroler, pada sistem ini mikrokontroler yang digunakan adalah *arduino uno R3*.

5.2.1.1 Implementasi *box* sistem penetas telur

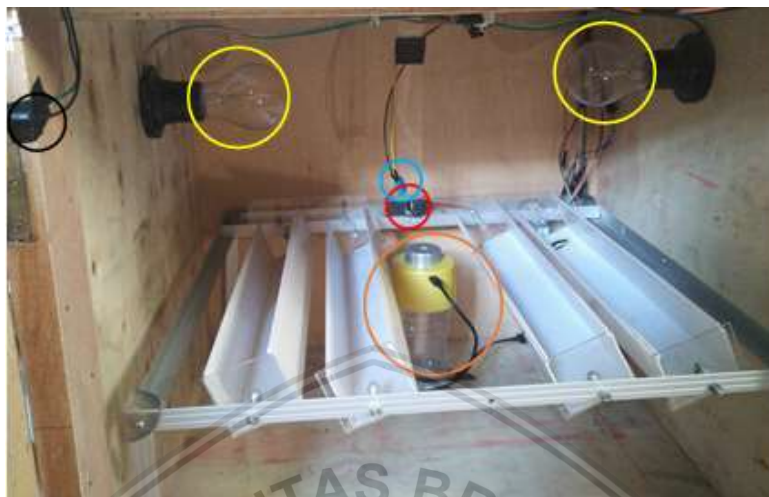


Gambar 5.21 Implementasi *box* sistem penetas telur

Pada gambar 5.21 diatas merupakan gambar foto implementasi *box* sistem penetas telur dengan ukuran Panjang 55cm, Lebar 55cm dan Tinggi 60cm, pada gambar tersebut bagian yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah merupakan panel *LCD* dan tombol *power*, bagian yang ditandai dengan lingkaran berwarna kuning merupakan cendela dengan bahan akrilik hitam transparan, dan

bagian yang ditandai dengan lingkaran berwarna hijau merupakan gagang pegangan pintu *box* sistem penetas telur.

5.2.1.2 Implementasi bagian *box* sistem penetas telur



Gambar 5.22 Implementasi bagian dalam *box* sistem penetas telur

Pada gambar 5.22 diatas merupakan gambar foto implementasi bagian yang terdapat didalam *box* sistem penetas telur. Bagian yang pertama yaitu lampu pijar pemanas yang ditandai dengan lingkaran berwarna kuning, terdapat dua buah lampu yang digunakan sebagai sumbar panas di dalam ruang *box* sistem penetas telur, kemudian yang kedua adalah sensor *DHT11* yang ditandai dengan lingkaran berwarna biru, yang ketiga yaitu motor *servo* yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah dan yang keempat yaitu *humidifier* yang ditandai dengan lingkaran berwarna *orange* dan yang terakhir yaitu sensor pintu yang ditandai dengan lingkaran berwarna hitam.

5.2.1.3 Implementasi bagian rak telur



Gambar 5.23 Implementasi bagian rak telur

Gambar 5.23 diatas merupakan gambar rak telur dan bagian komponen yang ditempatkan pada rak telur, pengimplementasian rak telur tersebut mengikuti ukuran yang telah ditentukan pada desain perancangan awal, akan tetapi jumlah baris dari rak telur tidak sama dengan desain awal pada saat perancangan dikarenakan kekurangan bahan material pada tahap pengerjaannya. Akan tetapi hal tersebut sama sekali tidak berpengaruh terhadap kinerja dari keseluruhan sistem nantinya. Bagian yang pertama yaitu sensor *load cell* yang ditandai oleh lingkaran berwarna hijau, dan bagian yang kedua yaitu sensor warna *TCS3200* yang ditandai oleh lingkaran berwarna merah. Detail foto yang lebih jelas untuk kedua komponen sensor tersebut bisa dilihat pada gambar 5.28 dan gambar 5.29 dibawah ini.



Gambar 5.24 Implementasi sensor *load cell* 5kg

Pada gambar 5.24, bagian yang ditandai dengan lingkaran berwarna hijau diatas merupakan gambar pengimplementasian sensor *load cell* yang diletakkan pada rak telur, sehingga bisa berfungsi sebagaimana yang diharapkan untuk mengukur berat dari salah satu baris rak telur.

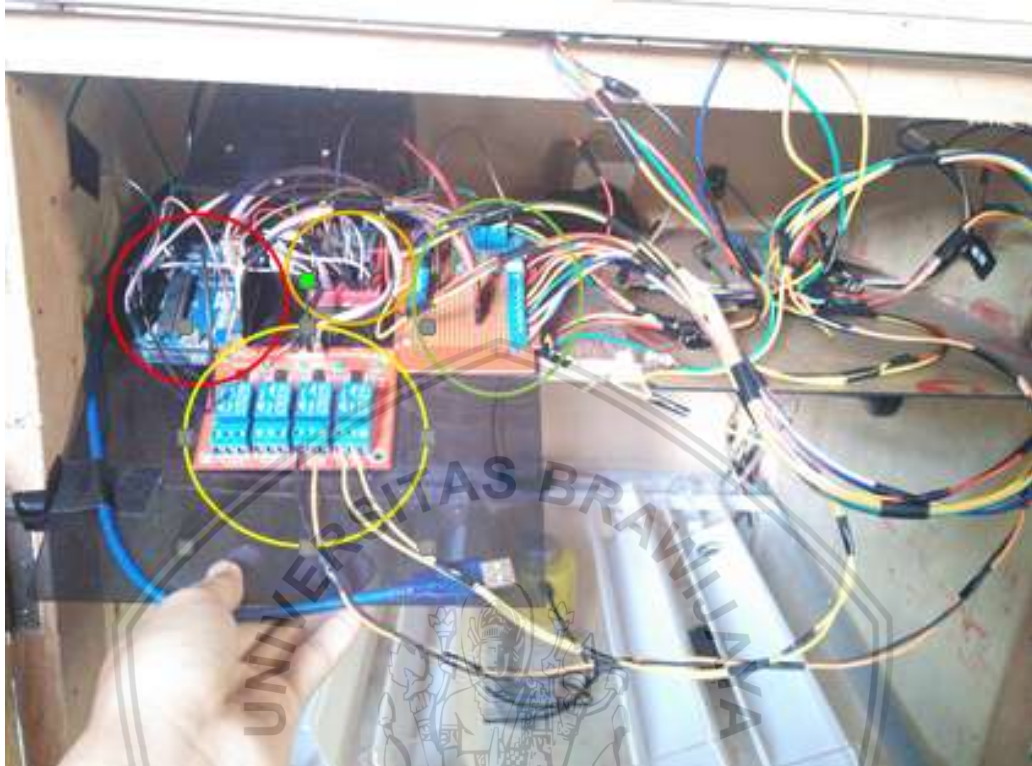


Gambar 5.25 Implementasi sensor warna *TCS3200*

Pada gambar 5.25, yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah diatas merupakan gambar pengimplementasian sensor warna *TCS3200* yang

ditempatkan pada rak telur, penempatan sensor tersebut diletakkan tepat dibawah salah satu lubang yang berada pada baris rak telur.

5.2.1.4 Implementasi bagian panel mikrokontroler



Gambar 5.26 Implementasi bagian panel mikrokontroler

Gambar 5.26 diatas merupakan gambar foto implementasi bagian ruangan panel yang terdiri dari beberapa komponen yang digunakan dalam sistem ini. Komponen yang pertama yaitu *arduino uno* yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah, komponen yang kedua yaitu *RTC (Real Time Clock)* yang ditandai dengan lingkaran berwarna *orange*, komponen yang ketiga yang ditandai dengan lingkaran berwarna hijau yaitu bagian socket penghubung dengan beberapa sensor dan aktuator yang digunakan, dan yang terakhir adalah komponen *relay* yang ditandai dengan lingkaran berwarna kuning.

5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak

Pada tahapan implementasi perangkat lunak ini dilakukan implementasi metode yang digunakan dalam bentuk kode program yang akan di *download* ke dalam *arduino uno R3*, untuk memasukkan kode program ke dalam *arduino uno* digunakan aplikasi *arduino IDE* yang di install pada laptop sebagai media untuk memasukkan kode program ke dalam *board arduino*. Kode program yang digunakan dimulai dengan inisialisasi variabel, pemanggilan *library*, dan inisialisasi pin yang digunakan untuk sensor dan *aktutor*, kemudian kemudian dilanjutkan dengan fungsi untuk akuisisi data dari sensor yang digunakan, dan selanjutnya metode yang digunakan sampai pada perulangan yang dilakukan untuk menjalankan sistem.

5.2.2.1 Implementasi logika fuzzy

Tabel 5.17 Kode program derajat keanggotaan berat telur

No	Kode Program
1	if (averageberat <= 10) {
2	ringan = 1;
3	sedang = 0;
4	berat = 0;
5	}
6	if (averageberat >= 40) {
7	berat = 1;
8	sedang = 0;
9	ringan = 0;
10	}
11	if (averageberat == 25) {
12	sedang = 1;
13	ringan = 0;
14	berat = 0;
15	}
16	if ((averageberat > 10) && (averageberat < 25)) {
17	sedang = (averageberat - 10) / 15;
18	ringan = (25 - averageberat) / 15;
19	berat = 0;
20	}
21	if ((averageberat > 25) && (averageberat < 40)) {
22	berat = (averageberat - 25) / 15;
23	sedang = (40 - averageberat) / 15;
24	ringan = 0;
25	}

Tabel 5.17 diatas merupakan kode progrma untuk menentukan nilai derajat keanggotaan berat telur. Masukan untuk melakukan perhitungan tersebut didapatkan dari hasil akuisisi data sensor *load cell*. Dari masukan tersebut, maka data kemudian akan dicocokkan dengan kondisi yang telah dibuat, dan dilakukan perhitungan sehingga didapatkan nilai derajat keanggotaan berat telur yang sesuai dengan nilai masukan yang diberikan.

Tabel 5.18 Kode program derajat keanggotaan warna telur

No	Kode Program
1	if (averagewarna <= 80) {
2	gelap = 1;
3	redup = 0;
4	terang = 0;
5	}
6	if (averagewarna >= 136) {
7	terang = 1;
8	redup = 0;
9	gelap = 0;
10	}
11	if (averagewarna == 108) {
12	terang = 0;
13	redup = 1;
14	gelap = 0;
15	}
16	if ((averagewarna > 80) && (averagewarna < 108)) {
17	redup = (averagewarna - 80) / 28;
18	gelap = (108 - averagewarna) / 28;
19	terang = 0;
20	}
21	if ((averagewarna > 108) && (averagewarna < 136)) {
22	redup = (136 - averagewarna) / 28;
23	terang = (averagewarna - 108) / 28;
24	gelap = 0;
25	}

Tabel 5.18 diatas merupakan gambar potongan kode program untuk menentukan nilai derajat keanggotaan warna telur. Masukan yang digunakan untuk melakukan perhitungan tersebut didapatkan dari hasil akuisisi sensor warna TCS 3200. Dari masukan tersebut, maka data kemudian akan dicocokkan dengan kondisi yang telah dibuat, dan dilakukan perhitungan sehingga didapatkan nilai derajat keanggotaan warna telur yang sesuai dengan nilai masukan yang diberikan.

Tabel 5.19 Potongan kode program aturan *fuzzy*

No	Kode Program
1	if ((averageberat <= 10) && (averagewarna <= 80)) { //1A
2	if (ringan < gelap) {
3	bebek2 = ringan;
4	}
5	else if (ringan > gelap) {
6	bebek2 = gelap;
7	}
8	else if (ringan == gelap) {
9	bebek2 = gelap;
10	}
11	hasilbebek = bebek2;
12	hasilpuyuh = 0;
13	hasilayam = 0;
14	}
15	//=====
16	else if ((averageberat <= 10) && (averagewarna > 80) && (averagewarna
17	< 108)) { //1AB
18	if (ringan < gelap) {
19	bebek2 = gelap;
20	}
21	else if (ringan > gelap) {
22	bebek2 = ringan;
23	}
24	else if (ringan == gelap) {
25	bebek2 = gelap;
26	}
27	if (ringan < redup) {

Tabel 5.19 diatas merupakan potongan kode program aturan *fuzzy* dan juga sekaligus program untuk menentukan nilai daerah hasil. Perhitungan menentukan nilai daerah hasil dilakukan dengan cara mencari nilai minimal dan maksimal dari masing-masing aturan *fuzzy* yang sesuai dengan nilai derajat keanggotaan berat

dan warna telur yang telah diperoleh. Nilai daerah hasil yang diperoleh kemudian akan tersimpan dalam bentuk variabel yaitu hasil bebek, hasil puyuh dan hasil ayam. Terahir kemudian nilai daerah hasil yang diperoleh akan digunakan untuk melakukan perhitungan *defuzzyfikasi* untuk menentukan nilai *COG*.

Tabel 5.20 Kode program *defuzzyfikasi*

No	Kode Program
1	//0-10-20-30
2	COGbebek = 60;
3	COGxbebek = 4;
4	
5	//40-50-60
6	COGpuyuh = 150;
7	COGxpuyuh = 3;
8	
9	//70-80-90-100-110-120
10	COGayam = 570;
11	COGxayam = 6;
12	
13	Totalkom = (COGbebek * hasilbebek) + (COGpuyuh * hasilpuyuh) +
14	(COGayam * hasilayam);
15	
16	Totalpen = (hasilbebek * COGxbebek) + (hasilpuyuh * COGxpuyuh) +
17	(hasilayam * COGxayam);
18	
19	COG = Totalkom / Totalpen;

Tabel 5.20 diatas merupakan potongan kode program untuk melakukan perhitungan *defuzzyfikasi* untuk menentukan nilai *COG*. Nilai *COG* diperoleh dari hasil jumlah masing-masing nilai pada grafik varibale *output* dengan interval 10 yang kemudian dikalikan dengan nilai daerah hasil yang sesuai, Selanjutnya nilai yang diperoleh akan dibagi dengan nilai hasil perkalian antara banyaknya nilai dalam masing-masing variabel *output* yang telah dijumlahkan dengan nilai daerah hasil yang sesuai.

Kemudian setelah nilai *COG* didapatkan maka dilakukan perhitungan untuk menentukan derajat keanggotaan *output* yang berupa jenis telur.

Tabel 5.21 Kode program derajat keanggotaan jenis telur

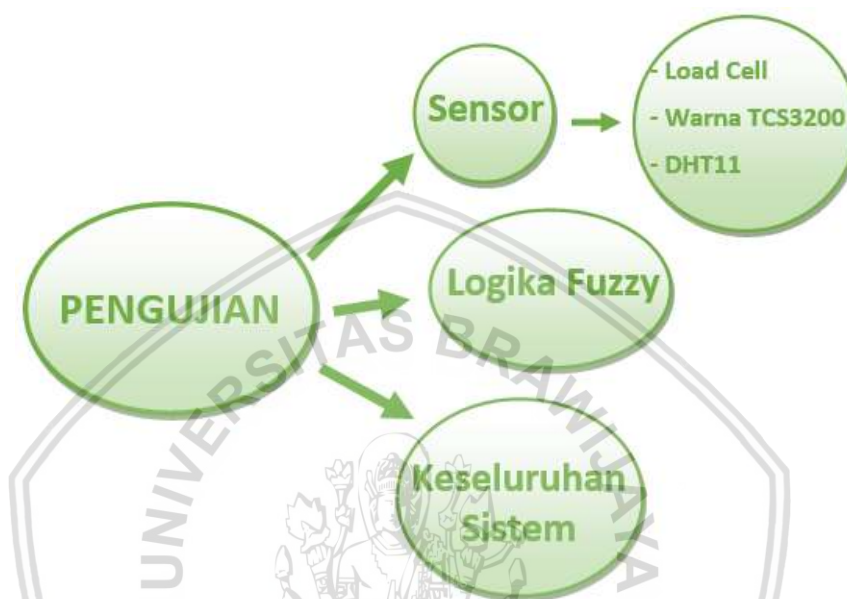
No	Kode Program
1	if ($COG < 30 \ \&\& \ COG \geq 0$) {
2	JB = 1;
3	JP = 0;
4	JA = 0;
5	}
6	
7	if ($COG \geq 30 \ \&\& \ COG \leq 60$) {
8	JB = $(60 - COG) / 30$;;
9	JP = $(COG - 30) / 30$;
10	JA = 0;
11	}
12	if ($COG > 60 \ \&\& \ COG < 90$) {
13	JB = 0;
14	JP = $(90 - COG) / 30$;
15	JA = $(COG - 60) / 30$;
16	}
17	if ($COG \geq 90$) {
18	JB = 0;
19	JP = 0;
20	JA = 1;
21	}
22	if ($COG < 0$) {
23	JB = 0;
24	JP = 0;
25	JA = 0;
26	}

Tabel 5.21 diatas merupakan potongan kode program yang digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan jenis telur. Masukan yang digunakan untuk melakukan perhitungan tersebut yaitu nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan COG. Dari masukan tersebut, maka data kemudian akan dicocokkan dengan kondisi yang telah dibuat, dan dilakukan perhitungan sehingga didapatkan nilai derajat keanggotaan jenis telur yang sesuai dengan nilai masukan yang diberikan.



BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian yang dilakukan pada penelitian dibagi dalam beberapa bagian, yaitu pengujian masing – masing komponen sistem, pengujian perangkat lunak, dan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian bertahap ini dilakukan untuk memastikan masing – masing komponen dapat menghasilkan data dengan akurasi yang baik.



Gambar 6.1 Alur pengujian

6.1 Pengujian Sensor *Load Cell*

6.1.1. Tujuan Pengujian

Pengujian terhadap sensor *load cell* dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor *load cell*. Pada pengujian sensor *load cell* ini, tidak digunakan data pembandingan dari alat ukur manual, tetapi hanya untuk mengetahui kemampuan sensor menghasilkan keluaran berupa kategori berat telur berdasarkan nilai pembacaan sensor.

6.1.2. Prosedur Pengujian

Pengujian terhadap sensor *load cell* ini dilakukan dengan cara membagi nilai pembacaan sensor ke dalam tiga kategori disesuaikan dengan metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu logika *fuzzy*, dimana pada logika *fuzzy* yang digunakan salah satu variabel *input* yang digunakan adalah berat telur dengan keanggotaan ringan, sedang, dan berat. Pembagian nilai pembacaan sensor dan kategori berat telur dapat dilihat pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Pembagian nilai *load cell* kedalam kategori berat telur

Nilai Pembacaan Sensor	Kategori Berat Telur
Kurang dari 25	Ringan
Lebih dari 10 dan kurang dari 40	Sedang
Lebih dari 40	Berat

Pada penelitian ini digunakan satu buah sensor *load cell 5kg*, sensor tersebut mendapatkan pengujian dengan cara sensor akan diuji sebanyak tiga kali dengan menggunakan jenis telur yang berbeda, yaitu telur ayam, telur bebek dan telur puyuh. Berikut adalah urutan alur proses pada pengujian sensor *Load Cell*.

1. Kabel *power Arduino* dihubungkan dengan laptop.
2. Meletakkan telur (ayam / puyuh / bebek) pada baris rak telur yang digunakan untuk mendeteksi jenis telur sampai terisi penuh, jenis telur yang diletakkan tidak boleh campur.
3. Tutup pintu sistem penetas telur
4. Tunggu sampai jenis telur terdeteksi oleh sistem
5. Mencatat jenis telur yang terdeteksi beserta data berat yang diperoleh sensor dan data derajat keanggotaan berat telur yang terdapat pada serial monitor *Arduino*.

6.1.3 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian pada sensor *Load Cell* yang digunakan maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 6.2 Hasil pengujian sensor *load cell*

No	Jenis Telur	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3	
		Nilai Sensor	Kategori Berat Telur	Nilai Sensor	Kategori Berat Telur	Nilai Sensor	Kategori Berat Telur
1	Bebek	40,80	Berat	42,2	Berat	41,0	Berat
2	Puyuh	10,6	Ringan	11,0	Ringan	10,0	Ringan
3	Ayam	41,6	Berat	40,8	Berat	41,2	Berat

Tabel 6.2 diatas merupakan hasil pengujian sensor *load cell*, dimana pengujian tersebut dilakukan sebanyak tiga kali dengan menggunakan telur bebek, telur ayam dan telur puyuh pada masing-masing pengujian, kategori pada tabel tersebut didapatkan dari hasil perhitungan derajat keanggotaan berat telur menggunakan **Persamaan 5.1**, **Persamaan 5.2** dan **Persamaan 5.3**. berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk menentukan nilai derajat keanggotaan variabel berat telur.

Pengujian 1 :

1. $\mu[40,80]$ Berat = 1
2. $\mu[10,6]$ Ringan = $(25 - 10,6)/15 = 0,96$
 $\mu[10,6]$ Sedang = $(10,6 - 10)/15 = 0,04$
3. $\mu[41,6]$ Berat = 1

Pengujian 2 :

1. $\mu[42,2]$ Berat = 1
2. $\mu[11,0]$ Ringan = $(25 - 11,0)/15 = 0,93$
 $\mu[11,0]$ Sedang = $(11,0 - 10)/15 = 0,07$
3. $\mu[40,8]$ Berat = 1

Pengujian 3 :

1. $\mu[41,0]$ Berat = 1
2. $\mu[10,0]$ Ringan = 1
3. $\mu[41,2]$ Berat = 1

6.1.4 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap sensor *load cell* yang digunakan, dengan cara mengujinya menggunakan tiga jenis telur (bebek, puyuh, ayam) yang berbeda pada setiap pengujian, sensor *load cell* menunjukkan hasil pengujian yang sesuai antara kondisi dan keluaran sensor seperti kategori yang telah dibuat.

6.2 Pengujian Sensor Warna

6.2.1 Tujuan Pengujian

Pengujian terhadap sensor warna dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor warna. Pada pengujian sensor warna ini, tidak digunakan data pembandingan dari alat ukur manual, tetapi hanya untuk mengetahui kemampuan sensor menghasilkan keluaran berupa kategori warna telur berdasarkan nilai pembacaan sensor.

6.2.2 Prosedur Pengujian

Pengujian terhadap sensor warna ini dilakukan dengan cara membagi nilai pembacaan sensor ke dalam tiga kategori disesuaikan dengan metode yang

digunakan pada penelitian ini yaitu logika *fuzzy*, dimana pada logika *fuzzy* yang digunakan salah satu variabel *input* yang digunakan adalah warna telur dengan keanggotaan gelap, redup, dan terang. Pembagian nilai pembacaan sensor dan kategori warna telur dapat dilihat pada tabel 6.3.

Tabel 6.3 Pembagian nilai sensor warna kedalam kategori warna telur

Nilai Pembacaan Sensor	Kategori Warna Telur
Kurang dari 107	Gelap
Lebih dari 80 dan kurang dari 135	Redup
Lebih dari 107	Terang

Pada penelitian ini digunakan satu buah sensor warna *TCS3200*, sensor tersebut mendapatkan pengujian dengan cara sensor akan diuji sebanyak tiga kali dengan menggunakan jenis telur yang berbeda, yaitu telur ayam, telur bebek dan telur puyuh. Berikut adalah alur proses yang dilakukan pada pengujian sensor warna.

1. Kabel power *Arduino* dihubungkan dengan laptop.
2. Meletakkan telur (Ayam / Puyuh / Bebek) pada baris rak telur yang digunakan untuk mendeteksi jenis telur, jumlah telur yang diletakkan tidak harus satu baris penuh, yang terpenting pada lubang diatas sensor warna terdapat satu butir telur untuk dideteksi warnanya oleh sensor warna.
3. Tutup pintu sistem penetas telur
4. Membuka serial monitor *Arduino*
5. Mencatat data nilai warna telur dan data hasil perhitungan derajat keanggotaan warna telur yang terdapat pada serial monitor.

6.2.3 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian pada sensor warna yang digunakan maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 6.4 Hasil pengujian warna telur

No	Jenis Telur	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3	
		Nilai Sensor	Kategori Berat Telur	Nilai Sensor	Kategori Berat Telur	Nilai Sensor	Kategori Berat Telur
1	Bebek	81,6	Gelap	81,0	Gelap	81,8	Gelap
2	Puyuh	124,5	Terang	125,6	Terang	122,4	Terang
3	Ayam	112,6	Redup	123,2	Terang	116,8	Redup

Tabel 6.4 diatas merupakan hasil pengujian sensor warna *TCS3200*, dimana pengujian tersebut dilakukan sebanyak tiga kali dengan menggunakan telur bebek, telur ayam dan telur puyuh pada masing-masing pengujian, pengkategorian warna telur pada tabel tersebut dilakukan berdasarkan

perhitungan derajat keanggotaan warna telur menggunakan **Persamaan 5.4**, **Persamaan 5.5** dan **Persamaan 5.6** . Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk menentukan derajat keanggotaan variabel warna telur pada penelitian ini.

Pengujian 1 :

1. $\mu[81,6] \text{ Gelap} = (108 - 81,6) / 28 = 0,94$
 $\mu[81,6] \text{ Redup} = (81,6 - 80) / 28 = 0,06$
2. $\mu[124,5] \text{ Redup} = (136 - 124,5) / 28 = 0,41$
 $\mu[124,5] \text{ Terang} = (124,5 - 108) / 28 = 0,59$
3. $\mu[112,6] \text{ Redup} = (136 - 112,6) / 28 = 0,83$
 $\mu[112,6] \text{ Terang} = (112,6 - 108) / 28 = 0,17$

Pengujian 2 :

1. $\mu[81,0] \text{ Gelap} = (108 - 81) / 28 = 0,96$
 $\mu[81,0] \text{ Redup} = (81 - 80) / 28 = 0,04$
2. $\mu[125,6] \text{ Redup} = (136 - 125,6) / 28 = 0,37$
 $\mu[125,6] \text{ Terang} = (125,6 - 108) / 28 = 0,63$
3. $\mu[123,2] \text{ Redup} = (136 - 123,2) / 28 = 0,46$
 $\mu[123,2] \text{ Terang} = (123,2 - 108) / 28 = 0,54$

Pengujian 3 :

1. $\mu[81,8] \text{ Gelap} = (108 - 81,8) / 28 = 0,93$
 $\mu[81,8] \text{ Redup} = (81,8 - 80) / 28 = 0,07$
2. $\mu[122,4] \text{ Redup} = (136 - 122,4) / 28 = 0,48$
 $\mu[122,4] \text{ Terang} = (122,4 - 108) / 28 = 0,52$
3. $\mu[116,8] \text{ Redup} = (136 - 116,8) / 28 = 0,68$
 $\mu[116,8] \text{ Terang} = (116,8 - 108) / 28 = 0,32$

6.2.4 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap sensor warna yang digunakan, dengan cara mengujinya menggunakan tiga jenis telur (bebek, puyuh, ayam) yang

berbeda pada setiap pengujian, sensor warna menunjukkan hasil pengujian yang sesuai antara kondisi dan keluaran sensor seperti kategori yang telah dibuat.

6.3 Pengujian Sensor *DHT*

6.3.1 Tujuan Pengujian

Pengujian terhadap sensor *DHT* dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor *DHT* yang digunakan. Sensor *DHT* merupakan sensor yang memiliki keluaran dua buah parameter, yaitu parameter suhu dalam satuan selsius dan parameter kelembapan dalam satuan %. Untuk parameter suhu, digunakan alat pembanding berupa termometer, Sedangkan untuk parameter kelembapan tidak digunakan data pembanding dari alat ukur manual, tetapi hanya untuk mengetahui kemampuan sensor menghasilkan keluaran berupa nilai pembacaan kelembapan ruangan didalam ruang sistem penetas telur.

6.3.2 Prosedur Pengujian

Pengujian sensor *DHT* ini dilakukan dengan cara pendeteksian suhu dan kelembapan pada ruangan sistem penetas telur yang dilakukan dalam kurun waktu satu jam. Dimana nantinya pengambilan nilai suhu dan kelembapan ruang sistem penetas telur akan dilakukan setiap 15 menit sekali terhitung dari awal sistem berjalan sampai menit ke 60. Kemudian dilakukan perhitungan untuk menemukan tingkat persentase eror antara data nilai suhu dari sensor dengan data nilai suhu yang diperoleh dari pengukuran manual menggunakan termometer. Perhitungan persentase eror dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Selisih} = (\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}) \quad (6.1)$$

Untuk menghitung nilai selisih pembacaan nilai sensor dan alat ukur pembanding menggunakan **Persamaan (6.2)** berikut.

$$\text{Presentase Error} = \frac{\text{Selisih nilai pembacaan}}{\text{Pembacaan alat ukur manual}} \times 100\% \quad (6.2)$$

Untuk menghitung rata – rata selisih hasil pembacaan sensor dengan alat ukur manual, digunakan **Persamaan (6.3)** berikut.

$$\text{Rata – rata selisih} = \frac{\text{Selisih nilai pembacaan total}}{\text{Jumla data total}} \quad (6.3)$$

Untuk menghitung rata – rata persentase *error* hasil pembacaan sensor dengan alat ukur manual, digunakan **Persamaan (6.4)** berikut.

$$\text{Rata – rata persentase eror} = \frac{\text{Nilai persentase total}}{\text{jumlah data total}} \quad (6.4)$$

Berikut adalah alur proses yang dilakukan pada pengujian sensor *DHT*.

1. Kabel *power* dihubungkan dengan sumber tegangan AC (PLN)
2. Menekan tombol *power* sistem penetas telur untuk menyalakan sistem.

3. Meletakkan telur (ayam / puyuh / bebek) pada baris rak telur yang digunakan untuk mendeteksi jenis telur sampai terisi penuh, jenis telur yang diletakkan tidak boleh campur.
4. Tutup pintu sistem penetas telur
5. Tunggu sampai jenis telur terdeteksi oleh sistem
6. Mencatat data suhu dan kelembaban yang terdeteksi oleh sensor dan nilai suhu pembanding yang diperoleh dari termometer setiap 15 menit sekali selama kurun waktu 60 menit.
7. Menghitung selisih perhitungan antara nilai pengukuran suhu yang diperoleh sensor dengan nilai pengukuran suhu yang diperoleh termometer.
8. Menghitung nilai persentase eror berdasarkan nilai data selisih yang diperoleh.

6.3.3 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian pada sensor *DHT* yang digunakan maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 6.5 Hasil pengujian sensor *DHT11*

Menit	SUHU		KELEMBAPAN
	Sensor	Termometer	
0	26 ⁰ C	26 ⁰ C	82%
1	28 ⁰ C	27 ⁰ C	79%
15	34 ⁰ C	33 ⁰ C	72%
30	35 ⁰ C	35 ⁰ C	56%
45	37 ⁰ C	37 ⁰ C	59%
60	36 ⁰ C	35 ⁰ C	63%
Rata-rata Selisih	0,5		
Rata-rata Persentase Error	0,016%		

Pada Tabel 6.5 didapatkan hasil pengujian dari sensor *DHT*. Berdasarkan **persamaan (6.1)** dihitung selisih untuk masing – masing hasil pengujian, dan berdasarkan **persamaan (6.2)** dihitung persentase *error* untuk masing – masing hasil pengujian, kemudian digunakan **persamaan (6.3)** dan **(6.4)** sehingga didapatkan rata – rata selisih dan rata – rata persentase *error*. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk menghitung nilai selisih dan persentase eror pada pengujian sensor *DHT11*.

$$\text{Selisih menit 0} = (26 - 26) = 0$$

$$\text{Selisih menit 1} = (28 - 27) = 1$$

$$\text{Selisih menit 15} = (34 - 33) = 1$$

$$\text{Selisih menit 30} = (35 - 35) = 0$$

$$\text{Selisih menit 45} = (37 - 37) = 0$$

$$\text{Selisih menit 60} = (36 - 35) = 1$$

$$\text{Presentase eror menit 0} = \frac{0}{26} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Presentase eror menit 1} = \frac{1}{27} \times 100\% = 0,037\%$$

$$\text{Presentase eror menit 15} = \frac{1}{33} \times 100\% = 0,03\%$$

$$\text{Presentase eror menit 30} = \frac{0}{35} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Presentase eror menit 45} = \frac{0}{37} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Presentase eror menit 60} = \frac{1}{35} \times 100\% = 0,028\%$$

$$\text{Rata - rata selisih} = \frac{3}{6} = 0,5$$

$$\text{Rata - persentase eror} = \frac{0,095}{6} = 0,016$$

6.3.4 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang dilakukang terhadap sensor *DHT*, dimana pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengambilan data suhu dan kelembaban sensor setiap 15 menit selama satu jam, yang kemudian data nilai suhu yang diperoleh oleh sensor dibandingkan dengan data suhu dari hasil pengukuran manual menggunakan termometer. Maka dapat diketahui nilai selih untuk suhu antara hasil pengukuran sensor dan hasil pengukuran manual sebesar 0,5, kemudian juga didapat nilai persentase eror untuk suhu sebesar 0,016%.

6.4 Pengujian Logika *Fuzzy*

6.4.1 Tujuan Pengujian

Pengujian algoritma yang digunakan pada penelitian ini yaitu logika *fuzzy* diperlukan untuk memastikan hasil perhitungan yang dilakukan oleh sistem memiliki tingkat kesalahan yang kecil.

6.4.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan memberikan nilai masukan berbeda yang diperlukan dalam perhitungan *fuzzy* berupa berat telur dan warna telur. Kemudian untuk mengetahui tingkat kesalahan sistem dalam perhitungan, maka data hasil perhitungan sistem akan dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan secara manual. Berikut adalah alur proses yang dilakukan dalam pengujian metode *fuzzy*.

1. Kabel *power Arduino* dihubungkan dengan laptop.
2. Meletakkan telur (ayam / puyuh / bebek) pada baris rak telur yang digunakan untuk mendeteksi jenis telur sampai terisi penuh, jenis telur yang diletakkan tidak boleh campur.
3. Tutup pintu sistem penetas telur
4. Tunggu sampai jenis telur terdeteksi oleh sistem
5. Membuka serial monitor *Arduino IDE*
6. Mencatat nilai berat telur yang terdeteksi, nilai warna telur yang terdeteksi, nilai derajat keanggotaan berat telur, nilai derajat keanggotaan warna telur, nilai daerah hasil, nilai total KOM, nilai total PEN, nilai *COG*, dan nilai derajat keanggotaan *output* yang terdapat pada serial monitor.
7. Melakukan perhitungan manual berdasarkan nilai berat telur dan nilai warna telur.
8. Membandingkan hasil dari perhitungan sistem dengan hasil perhitungan manual.
9. Menghitung selisih hasil perhitungan antara sistem dengan manual.
10. Menghitung persentase eror berdasarkan nilai data selisih yang diperoleh

6.4.3 Hasil Pengujian

6.4.3.1 Hasil pengujian menggunakan telur bebek

Dari pengujian yang telah dilakukan didapati data hasil akuisisi sensor *load cell* berupa berat telur bebek sebesar 39,0, dan hasil akuisisi sensor warna *TCS3200* berupa warna telur bebek sebesar 75,0. Kemudian data tersebut digunakan sebagai data masukan dalam perhitungan metode *fuzzy* yang akan dilakukan.

Tabel 6.6 Hasil pengujian logika *fuzzy* menggunakan telur bebek

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Error
Derajat keanggotaan berat telur ringan	0	0,00	0	0%
Derajat keanggotaan berat telur sedang	0,07	0,07	0	0%
Derajat keanggotaan berat telur berat	0,93	0,93	0	0%
Derajat keanggotaan warna telur gelap	1,00	1,00	0	0%
Derajat keanggotaan warna telur redup	0,00	0,00	0	0%

Tabel 6.6 Hasil pengujian logika *fuzzy* menggunakan telur bebek (lanjutan)

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Eror
Derajat keanggotaan warna telur terang	0,00	0,00	0	0%
Daerah Hasil Bebek	0,93	0,93	0	0%
Daerah Hasil Puyuh	0,00	0,00	0	0%
Daerah Hasil Ayam	0,00	0,00	0	0%
Total KOM	56,00	56,00	0	0%
Total PEN	3,73	3,72	0,01	0,003%
COG	15,00	15,00	0	0%
Derajat keanggotaan telur bebek	1,00	1,00	0	0%
Derajat keanggotaan telur puyuh	0,00	0,00	0	0%
Derajat keanggotaan telur ayam	0,00	0,00	0	0%
Rata-Rata			0,0007	0,0001%

Tabel 6.6 diatas merupakan hasil pengujian metode *fuzzy* dengan menggunakan telur bebek, perhitungan manual pada tabel tersebut didapat dari perhitungan sebagai berikut.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load cell* memiliki nilai 39,0, dimana nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai berat telur sedang dan berat telur berat, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.2)** dan **persamaan (5.3)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu[39] \text{ Sedang} = (40 - 39) / 15 = 0,07$$

$$\mu[39] \text{ Berat} = (39 - 25) / 15 = 0,93$$

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 75 yang berarti nilai tersebut hanya masuk kedalam himpunan nilai warna telur gelap saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.4)** dengan dengan nilai derajat keanggotaan gelap sama dengan 1.

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing *input* diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Tabel 6.7 Aturan fuzzy yang digunakan pada pengujian dengan telur bebek

No	Berat Telur	Warna Telur	Jenis Telur
1	Sedang	Gelap	Bebek1
2	Berat	Gelap	Bebek2

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Sedang; Gelap) = Bebek1

$$\text{Min} (0,07; 1,00) = \text{Bebek1}$$

$$\text{Bebek1} = 0,07$$

2. Min (Berat; Gelap) = Bebek2

$$\text{Min} (0,93; 1,00) = \text{Bebek2}$$

$$\text{Bebek2} = 0,93$$

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama.

3. Max (Bebek1; Bebek2) = Max (0,07; 0,93) = 0,93

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka bisa diketahui bahwa nilai daerah hasil untuk telur bebek adalah 0,93, telur puyuh adalah 0 dan telur ayam adalah 0.

Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika fuzzy. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan **persamaan (2.1)** seperti berikut ini.

$$COG = \frac{((0+10+20+30) \times 0,93) + ((40+50+60) \times 0) + ((70+80+90+100+110+120) \times 0)}{(4 \times 0,93) + (3 \times 0) + (6 \times 0)} = 15$$

Terakhir, setelah nilai *COG* diketahui maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai derajat keanggotaan *output* yang berupa jenis telur. Perhitungan untuk mengetahui derajat keanggotaan *output* ini dilakukan dengan menggunakan **persamaan (5.7)**, **persamaan (5.8)** dan **persamaan (5.9)**. berikut adalah cara perhitungan yang dilakukan.

$\mu[15]$ Telur Bebek = 1

$\mu[15]$ Telur Puyuh = 0

$\mu[15]$ Telur Ayam = 0

6.4.3.2 Hasil pengujian menggunakan telur puyuh

Dari pengujian yang telah dilakukan didapati data hasil akuisisi sensor *load cell* berupa berat telur puyuh sebesar 12,0, dan hasil akuisisi sensor warna *TCS3200* berupa warna telur puyuh sebesar 129,20. Kemudian data tersebut digunakan sebagai data masukan dalam perhitungan metode *fuzzy* yang akan dilakukan.

Tabel 6.8 Hasil pengujian logika *fuzzy* menggunakan telur puyuh

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Error
Derajat keanggotaan berat telur ringan	0,87	0,87	0	0%
Derajat keanggotaan berat telur sedang	0,13	0,13	0	0%
Derajat keanggotaan berat telur berat	0,00	0,00	0	0%
Derajat keanggotaan warna telur gelap	0,00	0,00	0	0%
Derajat keanggotaan warna telur redup	0,24	0,24	0	0%
Derajat keanggotaan warna telur terang	0,76	0,76	0	0%
Daerah hasil bebek	0,00	0,00	0	0%
Daerah hasil puyuh	0,76	0,76	0	0%
Daerah hasil ayam	0,13	0,13	0	0%
Total KOM	189,57	188,1	1,41	0,007%
Total PEN	3,07	3,06	0,01	0,003%
COG	61,72	61,47	0,25	0,004%
Derajat keanggotaan telur bebek	0,00	0,00	0	0%
Derajat keanggotaan telur puyuh	0,94	0,95	0,01	0,01%
Derajat keanggotaan telur ayam	0,06	0,05	0,01	0,2%
Rata-rata			0,113	0,014%

Tabel 6.8 diatas merupakan hasil pengujian metode *fuzzy* dengan menggunakan telur puyuh, perhitungan manual pada tabel tersebut didapat dari perhitungan sebagai berikut.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load cell* memiliki nilai 12,0, dimana nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai berat telur ringan dan berat telur sedang, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.1)** dan **persamaan (5.2)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu[12] \text{ Ringan} = (25 - 12) / 15 = 0,87$$

$$\mu[12] \text{ Sedang} = (12 - 10) / 15 = 0,13$$

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 129,20 yang berarti nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai warna telur terang dan redup, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu[129,20] \text{ Redup} = (136 - 129,20) / 28 = 0,24$$

$$\mu[129,20] \text{ Terang} = (129,20 - 108) / 28 = 0,76$$

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing *input* diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Tabel 6.9 Aturan *fuzzy* yang digunakan pada pengujian dengan telur puyuh

No	Berat Telur	Warna Telur	Jenis Telur
1	Ringan	Terang	Puyuh1
2	Sedang	Terang	Ayam4
3	Ringan	Redup	Puyuh2
4	Sedang	Redup	Ayam1

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Ringan; Terang) = Puyuh1
Min (0,87; 0,76)= Puyuh1
Puyuh1= 0,76

2. Min (Sedang; Terang) = Ayam4

$$\text{Min } (0,13; 0,76) = \text{Ayam4}$$

$$\text{Ayam4} = 0,13$$

3. Min (Ringan; Redup) = Puyuh2

$$\text{Min } (0,87; 0,24) = \text{Puyuh2}$$

$$\text{Puyuh2} = 0,24$$

4. Min (Sedang; Redup) = Ayam1

$$\text{Min } (0,13; 0,76) = \text{Ayam1}$$

$$\text{Ayam1} = 0,13$$

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama.

$$5. \text{Max } (\text{Puyuh1}; \text{Puyuh2}) = \text{Max } (0,76; 0,24) = 0,76$$

$$6. \text{Max } (\text{Ayam4}; \text{Ayam1}) = \text{Max } (0,13; 0,13) = 0,13$$

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka bisa diketahui bahwa nilai daerah hasil untuk telur bebek adalah 0, telur puyuh adalah 0,76 dan telur ayam adalah 0,19.

Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika *fuzzy*. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan **persamaan (2.1)** seperti berikut ini.

$$COG = \frac{((0+10+20+30) \times 0) + ((40+50+60) \times 0,76) + ((70+80+90+100+110+120) \times 0,13)}{(4 \times 0) + (3 \times 0,76) + (6 \times 0,13)} = 61,47$$

Terakhir, setelah nilai *COG* diketahui maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai derajat keanggotaan *output* yang berupa jenis telur. Perhitungan untuk mengetahui derajat keanggotaan *output* ini dilakukan dengan menggunakan **persamaan (5.7)**, **persamaan (5.8)** dan **persamaan (5.9)**. berikut adalah cara perhitungan yang dilakukan.

$$\mu_{[61,47]} \text{ Telur Bebek} = 0$$

$$\mu_{[61,47]} \text{ Telur Puyuh} = (90 - 61,47) / 30 = 0,95$$

$$\mu_{[61,47]} \text{ Telur Ayam} = (61,47 - 60) / 30 = 0,05$$

6.4.3.3 Hasil pengujian menggunakan telur ayam

Dari pengujian yang telah dilakukan didapati data hasil akuisisi sensor *load cell* berupa berat telur ayam ras sebesar 40,40, dan hasil akuisisi sensor warna *TCS3200* berupa warna telur ayam ras sebesar 110,20. Kemudian data tersebut digunakan sebagai data masukan dalam perhitungan metode *fuzzy* yang akan dilakukan.

Tabel 6.10 Hasil pengujian logika *fuzzy* menggunakan telur ayam ras

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Error
Derajat keanggotaan berat telur ringan	0,00	0,00	0	0%
Derajat keanggotaan berat telur sedang	0,00	0,00	0	0%
Derajat Keanggotaan Berat Telur Berat	1,0	1,0	0	0%
Derajat Keanggotaan Warna Telur Gelap	0,00	0,00		0%
Derajat Keanggotaan Warna Telur Redup	0,92	0,92	0	0%
Derajat Keanggotaan Warna Telur Terang	0,08	0,08	0	0%
Daerah Hasil Bebek	0,00	0,00	0	0%
Daerah Hasil Puyuh	0,00	0,00	0	0%
Daerah Hasil Ayam	0,92	0,92	0	0%
Total KOM	525,21	524,4	0,81	0,001%
Total PEN	5,53	5,52	0,01	0,001%
COG	95,0	95,0	0	0%
Derajat Keanggotaan Telur Bebek	0,00	0,00	0	0%
Derajat Keanggotaan Telur Puyuh	0,00	0,00	0	0%
Derajat Keanggotaan Telur Ayam	1	1	0	0%
Rata-rata			0,055	0,0001%

Tabel 6.10 diatas merupakan hasil pengujian metode *fuzzy* dengan menggunakan telur ayam ras, perhitungan manual pada tabel tersebut didapat dari perhitungan sebagai berikut.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load cell* memiliki nilai 40,40, dimana nilai tersebut hanya masuk kedalam himpunan nilai berat telur berat saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.3)** dengan nilai derajat keanggotaan variabel berat sebesar 1.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 110,20 yang berarti nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai warna telur gelap dan warna telur redup, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.4)** dan **persamaan (5.5)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu[110,20] \text{ Terang} = (110,20 - 108) / 28 = 0,08$$

$$\mu[110,20] \text{ Redup} = (136 - 110,20) / 28 = 0,92$$

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing input diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Tabel 6.11 Aturan *fuzzy* yang digunakan pada pengujian menggunakan telur ayam ras

No	Berat Telur	Warna Telur	Jenis Telur
1	Berat	Terang	Ayam3
2	Berat	Redup	Ayam2

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Berat; Terang) = Ayam3

$$\text{Min} (1,00; 0,08) = \text{Ayam3}$$

$$\text{Ayam3} = 0,08$$

2. Min (Berat; Redup) = Ayam2

$$\text{Min} (1,00; 0,92) = \text{Ayam2}$$

$$\text{Ayam2} = 0,92$$

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama.

$$1. \text{ Max (Ayam3; Ayam2) = Max (0,08; 0,92) = 0,92}$$

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka bisa diketahui bahwa nilai daerah hasil untuk telur bebek adalah 0, telur puyuh adalah 0 dan telur ayam adalah 0,92.

Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika *fuzzy*. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan **persamaan (2.1)** seperti berikut ini.

$$COG = \frac{((0+10+20+3) \times 0) + ((40+50+60) \times 0) + ((70+80+90+100+110+12) \times 0,92)}{(4 \times 0) + (3 \times 0) + (6 \times 0,92)} = 95$$

Terakhir, setelah nilai *COG* diketahui maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai derajat keanggotaan *output* yang berupa jenis telur. Perhitungan untuk mengetahui derajat keanggotaan *output* ini dilakukan dengan menggunakan **Persamaan (5.7)**, **Persamaan (5.8)** dan **Persamaan (5.9)**. berikut adalah cara perhitungan yang dilakukan.

$$\mu[95] \text{ Telur Bebek} = 0$$

$$\mu[95] \text{ Telur Puyuh} = 0$$

$$\mu[95] \text{ Telur Ayam} = 1$$

6.4.4 Analisis Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian sebanyak 3 kali dengan nilai masukan berupa jenis telur yang berbeda, nilai selisih dan persentase *error* adalah sebagai berikut.

Tabel 6.12 Hasil rata-rata selisih dan persentase eror setelah dilakukan 3 kali pengunjian logika *fuzzy*

Pengujian	Rata – rata selisih	Persentase <i>error</i>
Telur Bebek	0,0007	0,0001%
Telur Puyuh	0,113	0,014%
Telur Ayam	0,055	0,0001%
Rata-rata		

Tabel 6.12 diatas merupakan tabel hasil pengujian perhitungan metode yang digunakan, setelah dilakukan percobaan sebanyak tiga kali dengan nilai masukan jenis telur yang berbeda, didapatkan bahwa pengujian untuk jenis telur bebek memiliki rata – rata selisih yang paling kecil yaitu 0,0007 dan persentase eror paling kecil juga yaitu 0,0001%.

6.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

6.5.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian keseluruhan sistem adalah untuk mengukur kinerja sistem pada saat beroperasi, dan kemampuan sistem menghasilkan keluaran berupa

perhitungan logika *fuzzy* untuk menentukan jenis telur berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran sensor.

6.5.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menjalankan sistem, dengan skenario pengujian sebagai berikut.

6.5.2.1 Skenario pengujian pertama

Tabel 6.13 Skenario pertama pengujian keseluruhan sistem

Jenis telur yang digunakan	Telur bebek
Set nilai suhu yang dibutuhkan	10°C
Set nilai kelembaban yang dibutuhkan	10%

Tabel 6.13 merupakan skenario pengujian sistem yang pertama, jenis telur yang digunakan adalah telur bebek, nilai suhu Ideal untuk telur bebek di atur dengan nilai yang lebih kecil dari nilai suhu yang terbaca oleh sensor dan nilai kelembaban Ideal untuk telur bebek juga diatur dengan nilai yang lebih kecil dari nilai kelembaban yang terbaca oleh sensor.

6.5.2.2 Skenario pengujian kedua

Tabel 6.14 Skenario kedua pengujian keseluruhan sistem

Jenis telur yang digunakan	Telur bebek
Set nilai suhu yang dibutuhkan	100°C
Set nilai kelembaban yang dibutuhkan	100%

Tabel 6.14 merupakan skenario pengujian sistem yang kedua, jenis telur yang digunakan adalah telur bebek, nilai suhu Ideal untuk telur bebek di atur dengan nilai yang lebih besar dari nilai suhu yang terbaca oleh sensor dan nilai kelembaban Ideal untuk telur bebek juga diatur dengan nilai yang lebih besar dari nilai kelembaban yang terbaca oleh sensor.

6.5.2.3 Skenario pengujian ketiga

Tabel 6.15 Skenario ketiga pengujian keseluruhan sistem

Jenis telur yang digunakan	Telur puyuh
Set nilai suhu yang dibutuhkan	10°C
Set nilai kelembaban yang dibutuhkan	10%

Tabel 6.15 merupakan skenario pengujian sistem yang ketiga, jenis telur yang digunakan adalah telur puyuh, nilai suhu Ideal untuk telur puyuh di atur dengan nilai yang lebih kecil dari nilai suhu yang terbaca oleh sensor dan nilai kelembaban Ideal untuk telur puyuh juga diatur dengan nilai yang lebih kecil dari nilai kelembaban yang terbaca oleh sensor.

6.5.2.4 Skenario pengujian keempat

Tabel 6.16 Skenario keempat pengujian keseluruhan sistem

Jenis telur yang digunakan	Telur puyuh
Set nilai suhu yang dibutuhkan	100°C
Set nilai kelembaban yang dibutuhkan	100%

Tabel 6.16 merupakan skenario pengujian sistem yang keempat, jenis telur yang digunakan adalah telur puyuh, nilai suhu Ideal untuk telur puyuh di atur dengan nilai yang lebih besar dari nilai suhu yang terbaca oleh sensor dan nilai kelembaban Ideal untuk telur puyuh juga diatur dengan nilai yang lebih besar dari nilai kelembaban yang terbaca oleh sensor.

6.5.2.5 Skenario pengujian kelima

Tabel 6.17 Skenario kelima pengujian keseluruhan sistem

Jenis telur yang digunakan	Telur ayam
Set nilai suhu yang dibutuhkan	10°C
Set nilai kelembaban yang dibutuhkan	10%

Tabel 6.17 merupakan skenario pengujian sistem yang kelima, jenis telur yang digunakan adalah telur ayam, nilai suhu Ideal untuk telur ayam di atur dengan nilai yang lebih kecil dari nilai suhu yang terbaca oleh sensor dan nilai kelembaban Ideal untuk telur ayam juga diatur dengan nilai yang lebih kecil dari nilai kelembaban yang terbaca oleh sensor.

6.5.2.6 Skenario pengujian keenam

Tabel 6.18 Skenario keenam pengujian keseluruhan sistem

Jenis telur yang digunakan	Telur ayam
Set nilai suhu yang dibutuhkan	100°C
Set nilai kelembaban yang dibutuhkan	100%

Tabel 6.18 merupakan skenario pengujian sistem yang keenam, jenis telur yang digunakan adalah telur ayam, nilai suhu Ideal untuk telur ayam di atur dengan nilai yang lebih besar dari nilai suhu yang terbaca oleh sensor dan nilai kelembaban Ideal untuk telur ayam juga diatur dengan nilai yang lebih besar dari nilai kelembaban yang terbaca oleh sensor. Berikut adalah alur proses yang dilakukan dalam pengujian keseluruhan sistem.

1. Menghubungkan kabel power *Arduino* dengan laptop untuk melakukan penyesuaian program nilai suhu dan kelembaban seperti pada skenario pengujian.
2. Setelah program di set sesuai dengan skenario maka kabel power sistem dihubungkan dengan sumber tegangan AC (PLN).
3. Meletakkan telur (Ayam / Puyuh / Bebek) pada baris rak telur yang digunakan untuk mendeteksi jenis telur sampai terisi penuh, jenis telur yang diletakkan tidak boleh campur.
4. Tutup pintu sistem penetas telur
5. Tunggu sampai jenis telur terdeteksi oleh sistem
6. Membuka serial monitor
7. Mencatat nilai berat telur yang terdeteksi, nilai warna telur yang terdeteksi, nilai *COG*, nilai suhu, nilai kelembaban, status kondisi lampu pemanas, status kondisi *humidifier* yang terdapat pada serial monitor.
8. Melakukan perhitungan logika *fuzzy* secara manual berdasarkan nilai berat telur dan warna telur yang telah dicatat.
9. Membandingkan hasil perhitungan akhir logika *fuzzy* oleh sistem dengan hasil perhitungan akhir logika *fuzzy* manual.
10. Menghitung selisih hasil perhitungan antara sistem dengan manual.
11. Menghitung persentase eror berdasarkan nilai data selisih yang diperoleh.
12. Membandingkan kesesuaian status kondisi lampu pemanas dan *humidifier* sebagaimana program yang telah ditentukan.

6.5.3 Hasil Pengujian

6.5.3.1 Hasil pengujian keseluruhan menggunakan skenario 1

Tabel 6.19 Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 1

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Error
Berat	43,00	43,00	0	0%
Warna	85,20	85,20	0	0%
COG	35,39	35,82	0,43	0,01%
Suhu	28,00	28,00	0	0%
Kelembaban	77,00	-	0	0%
Lampu	OFF	OFF	0	0%
Humidifier	OFF	OFF	0	0%

Pada pengujian skenario 1, dilakukan pengujian menggunakan jenis telur bebek, dan juga pengkondisian setpoint untuk nilai suhu dan kelembaban berada dibawah nilai yang terdeteksi oleh sensor.

Untuk mengetahui akurasi sistem, maka diberikan data pembanding perhitungan yang dilakukan secara manual dengan masukan nilai berat dan nilai warna yang sama dengan perhitungan yang dihasilkan sistem. Berikut adalah perhitungan manual yang dilakukan.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load cell* pada pengujian memiliki nilai 43,0, dimana nilai tersebut hanya masuk kedalam himpunan nilai berat telur berat saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.3)** dengan nilai derajat keanggotaan sebagai berikut, ringan = 0, sedang = 0 dan berat = 1.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 85,20 yang berarti nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai warna telur gelap dan redup, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.4)** dan **persamaan (5.5)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu[85,20] \text{ Gelap} = (108 - 85,20) / 28 = 0,81$$

$$\mu[85,20] \text{ Redup} = (85,20 - 80) / 28 = 0,19$$

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing *input* diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari

nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Berat; Gelap) = Bebek2

$$\text{Min}(1,00; 0,81) = \text{Bebek2}$$

$$\text{Bebek2} = 0,81$$

2. Min (Berat; Redup) = Ayam2

$$\text{Min}(1,00; 0,19) = \text{Ayam2}$$

$$\text{Ayam2} = 0,19$$

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama. Karena tidak terdapat *output* jenis telur yang sama pada aturan yang digunakan maka nilai daerah hasil bisa langsung ditentukan berdasar nilai yang diperoleh dari perhitungan implikasi yaitu telur bebek = 0,81, telur puyuh = 0 dan telur ayam = 0,19.

Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika *fuzzy*. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan **persamaan (2.1)** seperti berikut ini.

$$COG = \frac{((0+10+20+30) \times 0,81) + ((40+50+60) \times 0) + ((70+80+90+100) \times 0,19)}{(4 \times 0,81) + (3 \times 0) + (6 \times 0,19)} = 35,82$$

6.5.3.2 Hasil pengujian keseluruhan menggunakan skenario 2

Tabel 6.20 Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 2

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Eror
Berat	42,00	42,00	0	0%
Warna	73,20	73,20	0	0%
COG	15,00	15,00	0	0%
Suhu	28,00	28,00	0	0%
Kelembaban	76,00	-	0	0%
Lampu	ON	ON	0	0%
Humidifier	ON	ON	0	0%

Pada pengujian skenario 2, dilakukan pengujian menggunakan jenis telur bebek, dan juga pengkondisian setpoint untuk nilai suhu dan kelembaban berada diatas nilai yang terdeteksi oleh sensor.

Untuk mengetahui akurasi sistem, maka diberikan data pembandingan perhitungan yang dilakukan secara manual dengan masukan nilai berat dan nilai warna yang sama dengan perhitungan yang dihasilkan sistem. Berikut adalah perhitungan manual yang dilakukan.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load cell* pada pengujian memiliki nilai 42,00, dimana nilai tersebut hanya masuk kedalam himpunan nilai berat telur berat saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.3)** dengan nilai derajat keanggotaan sebagai berikut, ringan = 0, sedang = 0 dan berat = 1.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 73,20 yang berarti nilai tersebut hanya masuk kedalam himpunan nilai warna telur gelap saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.6)** dengan nilai derajat keanggotaan sebagai berikut, gelap = 1, redup = 0, dan terang = 0.

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing *input* diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Berat; Gelap) = Bebek2

$$\text{Min} (1,00; 1,00) = \text{Bebek2}$$

$$\text{Bebek2} = 1,00$$

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama. Karena tidak terdapat *output* jenis telur lain yang sama pada aturan yang digunakan maka nilai daerah hasil bisa langsung ditentukan berdasar nilai yang diperoleh dari perhitungan implikasi yaitu telur bebek = 1,00, telur puyuh = 0 dan telur ayam = 0.

Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika *fuzzy*. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan **persamaan (2.1)** seperti berikut ini.

$$\text{COG} = \frac{((0+10+20+30) \times 1) \quad ((40+50+60) \times 0) \quad ((70+80+90+100+110+120) \times 0)}{(4 \times 1) \quad (3 \times 0) \quad (6 \times 0)} = 15$$

6.5.3.3 Hasil pengujian keseluruhan menggunakan skenario 3

Tabel 6.21 Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 3

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Error
Berat	8,20	8,20	0	0%
Warna	145,00	145,00	0	0%
COG	50,00	50,00	0	0%
Suhu	28,00	28,00	0	0%
Kelembaban	76,00	-	0	0%
Lampu	OFF	OFF	0	0%
Humidifier	OFF	OFF	0	0%

Pada pengujian skenario 3, dilakukan pengujian menggunakan jenis telur puyuh, dan juga pengkondisian setpoint untuk nilai suhu dan kelembaban berada dibawah nilai yang terdeteksi oleh sensor.

Untuk mengetahui akurasi sistem, maka diberikan data pembanding perhitungan yang dilakukan secara manual dengan masukan nilai berat dan nilai warna yang sama dengan perhitungan yang dihasilkan sistem. Berikut adalah perhitungan manual yang dilakukan.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load cell* pada pengujian memiliki nilai 8,20, dimana nilai tersebut hanya masuk kedalam himpunan nilai berat telur ringan saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.1)** dengan nilai derajat keanggotaan sebagai berikut, ringan = 1, sedang = 0 dan berat = 0.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 145,00 yang berarti nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai warna telur terang saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.6)** dengan nilai derajat keanggotaan sebagai berikut, gelap = 0, redup = 0, dan terang = 1.

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing *input* diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk

masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Ringan; Terang) = Puyuh1

$$\text{Min (1,00; 1,00)} = \text{Puyuh1}$$

$$\text{Puyuh1} = 1,00$$

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama. Karena tidak terdapat *output* jenis telur lain yang sama pada aturan yang digunakan maka nilai daerah hasil bisa langsung ditentukan berdasar nilai yang diperoleh dari perhitungan implikasi yaitu telur bebek = 0, telur puyuh = 1,00 dan telur ayam = 0.

Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika *fuzzy*. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan **persamaan (2.1)** seperti berikut ini.

$$COG = \frac{((0+10+20+30) \times 0) \quad ((40+50+60) \times 1) \quad ((70+80+90+100+110+120) \times 0)}{(4 \times 0) \quad (3 \times 1) \quad (6 \times 0)} = 50$$

6.5.3.4 Hasil pengujian keseluruhan menggunakan skenario 4

Tabel 6.22 Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 4

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Eror
Berat	13,00	13,00	0	0%
Warna	158,40	158,40	0	0%
COG	65,00	65,00	0	0%
Suhu	28,00	28,00	0	0%
Kelembaban	78,00	-	0	0%
Lampu	ON	ON	0	0%
Humidifier	ON	ON	0	0%

Pada pengujian skenario 4, dilakukan pengujian menggunakan jenis telur puyuh, dan juga pengkondisian setpoint untuk nilai suhu dan kelembaban berada diatas nilai yang terdeteksi oleh sensor.

Untuk mengetahui akurasi sistem, maka diberikan data pembanding perhitungan yang dilakukan secara manual dengan masukan nilai berat dan nilai warna yang sama dengan perhitungan yang dihasilkan sistem. Berikut adalah perhitungan manual yang dilakukan.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load*

cell pada pengujian memiliki nilai 13,00, dimana nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai berat telur ringan dan sedang, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.1)** dan **persamaan (5.2)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu[12] \text{ Ringan} = (25 - 13) / 15 = 0,8$$

$$\mu[12] \text{ Sedang} = (13 - 10) / 15 = 0,2$$

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 158,40 yang berarti nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai warna telur terang saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.6)** dengan nilai derajat keanggotaan sebagai berikut, gelap = 0, redup = 0, dan terang = 1.

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing *input* diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Ringan; Terang) = Puyuh1

$$\text{Min } (0,8; 1,00) = \text{Puyuh1}$$

$$\text{Puyuh1} = 0,8$$

2. Min (Sedang; Terang) = Ayam4

$$\text{Min } (0,2; 1,00) = \text{Ayam4}$$

$$\text{Ayam4} = 0,2$$

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama. Karena tidak terdapat *output* jenis telur yang sama pada aturan yang digunakan maka nilai daerah hasil bisa langsung ditentukan berdasar nilai yang diperoleh dari perhitungan implikasi yaitu telur bebek = 0, telur puyuh = 0,8 dan telur ayam = 0,2.

Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika *fuzzy*. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan **persamaan (2.1)** seperti berikut ini.

$$COG = \frac{((0+10+20+30) \times 0) ((40+50+60) \times 0,8) ((70+80+90+100+110+120) \times 0,2)}{(4 \times 0) (3 \times 0,8) (6 \times 0,2)} = 65$$

6.5.3.5 Hasil pengujian keseluruhan menggunakan skenario 5

Tabel 6.23 Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 5

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Error
Berat	43,00	43,00	0	0%
Warna	127,60	127,60	0	0%
COG	95,00	95,00	0	0%
Suhu	28,00	28,00	0	0%
Kelembaban	76,00	-	0	0%
Lampu	OFF	OFF	0	0%
Humidifier	OFF	OFF	0	0%

Pada pengujian skenario 5, dilakukan pengujian menggunakan jenis telur ayam, dan juga pengkondisian setpoint untuk nilai suhu dan kelembaban berada dibawah nilai yang terdeteksi oleh sensor.

Untuk mengetahui akurasi sistem, maka diberikan data pembanding perhitungan yang dilakukan secara manual dengan masukan nilai berat dan nilai warna yang sama dengan perhitungan yang dihasilkan sistem. Berikut adalah perhitungan manual yang dilakukan.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load cell* pada pengujian memiliki nilai 43,00, dimana nilai tersebut hanya masuk kedalam himpunan nilai berat telur berat saja, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.3)** dengan derajat keanggotaan sebagai berikut, Ringan = 0, Sedang = 0, Berat = 1.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 127,60 yang berarti nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai warna telur redup dan terang , maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu_{[85,20]} \text{ Redup} = (136 - 127,60) / 28 = 0,3$$

$$\mu_{[85,20]} \text{ Terang} = (127,60 - 108) / 28 = 0,7$$

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing *input* diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk

masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Berat; Redup) = Ayam2

$$\text{Min } (1,00; 0,3) = \text{Ayam2}$$

$$\text{Ayam2} = 0,3$$

2. Min (Berat; Terang) = Ayam3

$$\text{Min } (1,00; 0,7) = \text{Ayam3}$$

$$\text{Ayam3} = 0,7$$

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama.

3. Max (Ayam2; Ayam3) = Max (0,3; 0,7) = 0,7

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka bisa diketahui bahwa nilai daerah hasil untuk telur bebek adalah 0, telur puyuh adalah 0 dan telur ayam adalah 0,7.

Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika *fuzzy*. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1) seperti berikut ini.

$$\text{COG} = \frac{((0+10+20+3) \times 0) + ((40+50+60) \times 0) + ((70+80+90+100) \times 0,7)}{(4 \times 0) + (3 \times 0) + (6 \times 0,7)} = 95$$

6.5.3.6 Hasil pengujian keseluruhan menggunakan skenario 6

Tabel 6.24 Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan skenario 6

Variabel	Perhitungan Sistem	Perhitungan Manual	Selisi Hasil Perhitungan	Persentase Error
Berat	37,20	37,20	0	0%
Warna	124,20	124,20	0	0%
COG	95,00	95,00	0	0%
Suhu	28,00	28,00	0	0%
Kelembaban	77,00	-	0	0%
Lampu	ON	ON	0	0%
Humidifier	ON	ON	0	0%

Pada pengujian skenario 6, dilakukan pengujian menggunakan jenis telur ayam, dan juga pengkondisian setpoint untuk nilai suhu dan kelembaban berada diatas nilai yang terdeteksi oleh sensor.

Untuk mengetahui akurasi sistem, maka diberikan data pembanding perhitungan yang dilakukan secara manual dengan masukan nilai berat dan nilai

warna yang sama dengan perhitungan yang dihasilkan sistem. Berikut adalah perhitungan manula yang dilakukan.

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan berat telur digunakan **persamaan (5.1)**, **persamaan (5.2)**, dan **persamaan (5.3)**. karena nilai pembacaan sensor *load cell* pada pengujian memiliki nilai 37,20, dimana nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai berat telur sedang dan berat, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.2)** dan **persamaan (5.3)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu_{[12]} \text{ Sedang} = (40 - 37,20) / 15 = 0,19$$

$$\mu_{[12]} \text{ Berat} = (37,20 - 25) / 15 = 0,81$$

Untuk mendapat nilai derajat keanggotaan warna telur digunakan **persamaan (5.4)**, **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)**. karena nilai pembacaan sensor warna bernilai 124,20 yang berarti nilai tersebut masuk kedalam himpunan nilai warna telur redup dan terang, maka persamaan yang digunakan adalah **persamaan (5.5)** dan **persamaan (5.6)** dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\mu_{[85,20]} \text{ Redup} = (136 - 124,20) / 28 = 0,42$$

$$\mu_{[85,20]} \text{ Terang} = (124,20 - 108) / 28 = 0,58$$

Setelah seluruh nilai derajat keanggotaan untuk masing-masing *input* diketahui, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai daerah hasil untuk masing-masing variabel *output* yang telah ditentukan. Perhitungan mencari nilai daerah hasil dilakukan dengan cara melakukan implikasi untuk mencari nilai minimal dari setiap aturan yang memiliki keterkaitan dengan hasil perhitungan derajat keanggotaan, setelah itu dilakukan proses komposisi aturan untuk mencari nilai maksimal pada masing-masing aturan dengan *output* jenis telur yang sama yang telah diimplikasikan sebelumnya, sehingga kemudian nilai daerah hasil untuk masing-masing jenis telur bisa diketahui. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai daerah hasil.

Melakukan perhitungan implikasi untuk mencari nilai minimal dari masing-masing aturan yang digunakan.

1. Min (Sedang; Redup) = Ayam1

$$\text{Min} (0,19; 0,42) = \text{Ayam1}$$

$$\text{Ayam1} = 0,19$$

2. Min (Sedang; Terang) = Ayam4

$$\text{Min} (0,19; 0,58) = \text{Ayam4}$$

$$\text{Ayam4} = 0,19$$

3. Min (Berat; Redup) = Ayam2

$$\text{Min} (0,81; 0,42) = \text{Ayam2}$$

$$\text{Ayam2} = 0,42$$

4. Min (Berat; Terang) = Ayam3

Min (0,81; 0,58)= Ayam3

Ayam3= 0,58

Melakukan perhitungan komposisi aturan untuk memperoleh nilai maksimal antara 2 aturan yang memiliki *output* jenis telur yang sama.

5. Max (Ayam1; Ayam2; Ayam3; Ayam4;) = Max (0,19; 0,42; 0,58; 0,19) = 0,58

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka bisa diketahui bahwa nilai daerah hasil untuk telur bebek adalah 0, telur puyuh adalah 0 dan telur ayam adalah 0,58. Selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai *COG* atau nilai akhir dari perhitungan logika *fuzzy*. Perhitungan *COG* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1) seperti berikut ini.

$$COG = \frac{((0+10+20+30) \times 0) + ((40+50+60) \times 0) + ((70+80+90+100+110+120) \times 0,58)}{(4 \times 0) + (3 \times 0) + (6 \times 0,58)} = 95$$

6.5.4 Analisis Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian, analisis dilakukan dengan cara menghitung selisih perhitungan logika *fuzzy* dan kesesuaian status (*ON / OFF*) aktuator yang digunakan untuk mengontrol suhu dan kelembaban didalam sistem penetas telur. Sebagai data pembandingan digunakan perhitungan secara manual, yang akan dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan oleh sistem untuk mengetahui apakah sistem telah berjalan sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Tabel 6.25 Rata – rata selisih pengujian keseluruhan sistem

Skenario	Selisih Perhitungan Akhir Logika Fuzzy	Selisih Nilai Suhu	Selisih Kondisi Lampu Pemanas dan Kondisi Humidifier
1	0,43	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
Rata-rata selisih	0,072	0	0

Tabel 6.25 diatas merupakan tabel selisih hasil perhitungan logika *fuzzy* dan kesesuaian kondisi (*ON/OFF*) pada lampu pemanas dan *humidifier* yang dilakukan oleh sistem dan dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan secara manual. Perhitungan untuk menentukan nilai selisih dilakukan dengan menggunakan **persamaan (6.1)**. Kemudian untuk mendapatkan nilai rata – rata selisih dihitung dengan menggunakan **persamaan (6.3)**. berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk menghitung nilai selisih perhitungan akhir logika *fuzzy* pada pengujian keseluruhan sistem.

$$\text{Selisih} = 35,39 - 35,82 = 0,43$$

$$\text{Rata – rata selisih} = \frac{0,43}{6} = 0,072$$

Tabel 6.26 Rata-rata persentase error pengujian keseluruhan sistem

Skenario	Persentase Error Perhitungan Akhir Logika Fuzzy	Persentase Error Nilai Suhu	Persentase Error Kondisi Lampu Pemanas dan Kondisi Humidifier
1	0,01%	0%	0%
2	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%
6	0%	0%	0%
Rata-rata persentase error	0,001%	0%	0%

Tabel 6.26 merupakan tabel persentase error untuk pengujian keseluruhan sistem. Dalam melakukan perhitungan persentase *error* digunakan **persamaan (6.2)**, dan untuk menghitung rata – rata persentase error menggunakan **persamaan (6.4)**. berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk menghitung nilai persentase error perhitungan akhir logika *fuzzy* pada pengujian keseluruhan sistem.

$$\text{Presentase Error} = \frac{0,43}{35,82} \times 100\% = 0,01\%$$

$$\text{Rata – rata Presentase Error} = \frac{0,01}{6} = 0,001\%$$

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, perhitungan logika *fuzzy* pada keseluruhan skenario yang dilakukan memiliki rata-rata selisih 0,072 dan rata-rata persentase eror sebesar 0,001%. Sedangkan untuk nilai suhu dan kesesuaian kondisi (*ON/OFF*) pada lampu pemanas dan *humidifier* sudah sesuai secara keseluruhan.



BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada rumusan masalah, hasil perancangan alat dan sistem, serta implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penerapan logika *fuzzy* pada sistem penentu suhu dan kelembaban berdasarkan berat dan warna telur pada sistem penetas telur unggas pada penelitian ini dilakukan dengan cara menuliskan kode program *Arduino* yang tersusun berdasarkan aturan perhitungan logika *fuzzy* yang meliputi perhitungan derajat keanggotaan masing-masing input, perhitungan aturan *fuzzy*, perhitungan daerah hasil, dan terakhir perhitungan nilai akhir *fuzzy*.
2. Pada pengujian sensor load cell didapatkan hasil keluaran yang sesuai dengan kategori yang telah dibuat. Sensor warna juga didapatkan hasil keluaran yang sesuai dengan kategori yang telah dibuat. Sensor DHT didapatkan rata – rata persentase error sebesar 0,016%. Logika fuzzy didapatkan rata – rata persentase error sebesar 0,004%. Keseluruhan sistem perhitungan akhir logika Fuzzy untuk menentukan jenis telur memiliki persentase error sebesar 0,001%. Dan kondisi aktuator secara keseluruhan sudah sesuai dengan yang ditentukan.

7.2 Saran

1. Memperbaiki konfigurasi peletakan dan pengkabelan pada sensor *load cell* dan sensor warna untuk mengurangi kemungkinan eror dalam pengambilan data yang disebabkan karena gangguan yang disebabkan oleh benturan atau hal lainnya.
2. Memperbaiki desain box dan mekanik keseluruhan sistem agar bisa terlihat rapi dan menarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah Nur Hamidah, 2014. *Karakteristik Telur*, Jember: Politeknik Ras Jember.
- Andika Abdullah, 2016. *Model Pengaturan Suhu Dan Kelembaban Pada Ruang*, Bogor: FMIPA Universitas Pakuan.
- Arduino, 2015. *Arduino Uno Rev3*. [Online] Tersedia di: <<https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-Uno-rev3>> [Diakses 5 Juli 2018].
- Dhanny Jufril, D. B. R. D., 2015. IMPLEMENTASI MESIN PENETAS TELUR AYAM OTOMATIS MENGGUNAKAN METODA FUZZY LOGIC CONTROL. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015*, pp. 1-4.
- Edhy Sudjarwo, M., 2012. *Blog Dr. Ir. Edhy Sudjarwo, MS*. [Online] Tersedia di : <<http://edhysudjarwounggas.lecture.ub.ac.id/>> [Diakses 8 September 2017].
- Elektro, Z., 2014. *Motor Servo*. [Online] Tersedia di: <<http://zoniaelektro.net/motor-servo/>> [Diakses 23 Mei 2018].
- Teknik Elektronika, 2013. *Pengertian Relay dan Fungsinya* [Online] Tersedia di: <<https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>> [Diakses 23 Mei 2018].
- Hamzah, A., 2013. *Scribd*. [Online] Tersedia di: <<https://id.scribd.com/doc/185920131/LCD-20X4>> [Diakses 23 Mei 2018].
- Indo-ware, 2014. *Timbangan 5kg HX711* [Online] Tersedia di: < <https://indo-ware.com/blog-27-timbangan-5kg-HX711.html>> [Diakses 23 Mei 2018].
- Khakim, A. L., 2015. RANCANG BANGUN ALAT TIMBANG DIGITAL BERBASIS AVR TIPE ATMEGA32. *Skripsi*, II(3), pp. 12-13.
- Kurotul Aini, M. O. M. F. N. S. S. W., 2013. *PENETASAN TELUR AYAM KAMPUNG*. [Online] Tersedia di: <<http://duatitikenam.blogspot.sg/2013/09/penetasan-telur-ayam-kampung.html>> [Diakses 8 September 2017].
- Kusrini, 2008. *Aplikasi Sistem Pakar Menentukan Faktor Kepastian Penggunaan dengan Metode Kuantifikasi Pertanyaan*. 1 penyunt. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Mariatul Kiftiyah, S. M., 2015. Robot Pendeteksi Warna. *Jurnal Sains dan Informatika*, II(4), p. 5.
- Maulana, F., 2017. *SCRIBD*. [Online] Tersedia di: <<https://id.scribd.com/document/356928917/Real-Time-Clock-docx>> [Diakses 2 Juli 2018].
- Muhammad Mahi, Achmanu, and Muharliien, 2012. *PENGARUH BENTUK TELUR DAN BOBOT TELUR TERHADAP JENIS KELAMIN, BOBOT TETAS DAN LAMA TETAS BURUNG PUYUH (Coturnix-coturnix Japonica)*, Malang: Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya.

- Muhammad Yan Eka Aditya, H. W., 2013. Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroller ATmega8. *Jurnal Teknik Elektro Vol. 5 No. 1, II(2)*, pp. 15-16.
- Poultry Indonesia, 2016. *Pertumbuhan Konsumsi Ayam Dunia*. [Online] Tersedia di: <<http://www.poultryindonesia.com/read-news/pertumbuhan-konsumsi-ayam-dunia>> [Diakses 8 September 2017].
- Rebby Fudi Alexander, 2013. *Aplikasi Sensor Berat Load Cell Pada Alat Pengering Herbal*.
- Prayogo, R., 2015. *MODUL TIMBANGAN BUAH DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER ARM NUC120*. [Online] Tersedia di: <<http://belajararm.blogspot.com/2015/01/modultimbangan-buah-digital-berbasis.html>> [Diakses 12 Juli 2018].
- Santoso, H., 2017. *Monster Arduino 2: Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula*. 2nd penyunt. Malang: elangsakti.com.
- Suprpto, 2010. RANCANG BANGUN MESIN PENETAS TELUR AYAM BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN FUZZY LOGIC CONTROLLER (SOFTWARE). *Skripsi*, pp. 1-6.
- Sutikno, I. W., 2014. Perbandingan Metoda Deffuzifikasi Sistem Kendali Logika Fuzzy. *Jurnal Masyarakat Informatika*, Volume 2.
- Widodo, S., 1999. TATALAKSANA PENETASAN TELUR ITIK. *Lokakarya Fungsional Non Peneliti*, III(1), p. 128.
- Winda, 2014. *Mesin Raya*. [Online] Tersedia di: <<https://www.mesinraya.co.id/mengenal-Ultrasonic-humidifier.html>> [Diakses 23 Mei 2018].